

- 装配过程规划实例操作
- 装配仿真及文件输出
- 3DCAPP-A系统高级功能
- 工艺装配管理
- 三维布线
- 大装配性能优化





# 开目3DCAPP三维装配工艺设计基础教程

彭义兵 袁惠敏 徐济友 江洪涛 等编著





附赠超值 DVD 光盘

- 操作视频+样例素材文件
- 开目3DCAPP-A体验版安装文件



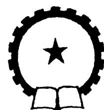
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

# 开目 3DCAPP 三维装配工艺设计基础教程

彭义兵　袁惠敏　徐济友　江洪涛　等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书全面系统地介绍了开目 3DCAPP 三维装配工艺设计软件的设计背景、主要功能、应用价值以及完整的软件使用方法，以某种型号的“减速机”为实例完整介绍了产品三维装配工艺设计的步骤与方法，即从三维模型导入到工艺规划、工艺验证最后到工艺输出的完整过程。本书编写以实用、够用为原则，在叙述上力求深入浅出、通俗易懂。

本书可作为企业信息化领域和相关技术人员和科研工作者的参考书，也可作为大中专职业院校的参考教材，还可作为企业应用三维装配工艺设计软件的培训教材。


**图书在版编目（CIP）数据**

开目 3DCAPP 三维装配工艺设计基础教程 / 彭义兵等编著．—北京：机械工业出版社，2014.3

ISBN 978-7-111-46093-0

Ⅰ．①开…　Ⅱ．①彭…　Ⅲ．①机械制造工艺－计算机辅助设计－教材　Ⅳ．①TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 044267 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

策划编辑：张淑谦

责任编辑：张淑谦

责任印制：乔　宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014 年 7 月第 1 版 • 第 1 次印刷

184mm×260mm • 11.75 印张 • 287 千字

0001－3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-46093-0

ISBN 978-7-89405-322-0（光盘）

定价：42.00 元（含 1DVD）



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销售一部：（010）68326294

销售二部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

教材网：http://www.cmpedu.com

机工官网：http://www.cmpbook.com

机工官博：http://weibo.com/cmp1952

**封面无防伪标均为盗版**

# 前　言

三维数字化装配技术是在产品零部件三维数字化实体模型的基础上，利用现代计算机技术、信息技术和人工智能技术，借助于虚拟现实等人机交互手段，规划与仿真产品的设计装配过程，从而指导现场生产。它可以解决传统装配工艺设计中主要依赖于人的装配经验和知识、设计难度大、设计效率低以及优化程度低等问题。

开目 3DCAPP 由国内著名的产品全生命周期管理（PLM）软件开发商——武汉开目信息技术有限责任公司独家首创。该公司起源于在国内制造工艺研究领域享有盛誉的华中科技大学机械学院，通过在工艺信息化领域的二十多年深耕，已发展成为国内数字化工艺领域实力最强的软件厂商之一，现在 CAPP 市场占有率已经处于第一的位置。

开目 3DCAPP 三维装配工艺设计软件主要用于复杂产品的数字化装配工艺设计，可输出可视化的工艺指导文件，直观指导现场生产，同时还可以快速形成动态、直观的产品维修手册和产品培训教材，是企业工艺规划、技术文档设计、宣传展示以及完善售后服务的重要工具。

本书系统地介绍了开目 3DCAPP 三维装配工艺设计软件的设计背景、主要功能、应用价值以及使用方法，并以“减速机”为实例完整地介绍了产品三维装配工艺设计的步骤与方法，即从三维模型导入到工艺规划、工艺验证最后到工艺输出的完整过程。本书编写以实用、够用为原则，在叙述上力求深入浅出、通俗易懂。

为便于读者学习和操作，在随书配套的光盘中备有“开目 3DCAPP 三维装配工艺设计软件体验版”，还包含了书中实例的模型文件，以及功能操作的演示动画，免费提供给读者使用。

本书可以作为企业信息化领域和相关工程技术人员的参考书，也可以作为企业应用三维装配工艺设计软件的培训教材，还可以作为大中专院校的参考教材。

本书由彭义兵主编，全书共 9 章，第 1 章由黄娟编写，第 2～4 章、第 6 章、第 8、9 章由彭义兵、袁惠敏编写，第 5 章、第 7 章由江洪涛、徐济友编写。

由于编者水平所限，书中难免有纰漏和不妥之处，恳请广大读者不吝赐教。

编　者

# 目　录

前言
第 1 章　3DCAPP 软件概述 ······ 1
1.1　3DCAPP-A 开发背景 ······ 1
1.2　3DCAPP-A 简介 ······ 1
1.2.1　3DCAPP-A 主要功能 ······ 2
1.2.2　3DCAPP-A 在企业的应用价值 ······ 2
第 2 章　系统安装及模型导入 ······ 4
2.1　3DCAPP-A 系统安装 ······ 4
2.2　3DCAPP-A 系统的关键术语 ······ 7
2.3　模型导入及相关操作 ······ 7
2.3.1　模型导入 ······ 7
2.3.2　零部件显示设置 ······ 10
2.3.3　零部件属性修改 ······ 13
2.3.4　模型数据加载/卸载 ······ 13
2.3.5　排序 ······ 14
2.3.6　查找零部件 ······ 14
2.4　3DCAPP-A 系统文件类型 ······ 14
第 3 章　装配过程规划实例操作 ······ 15
3.1　装配工序规划 ······ 16
3.2　装配路径规划 ······ 21
3.2.1　定义工序“安装蜗轮”的装配活动 ······ 22
3.2.2　定义工序“安装蜗杆”的装配活动 ······ 30
3.2.3　定义工序“安装锥齿轮”的装配活动 ······ 35
3.2.4　定义工序“安装箱盖”的装配活动 ······ 37
3.3　技术图解 ······ 40
3.3.1　标签 ······ 40
3.3.2　二维文本 ······ 42
3.3.3　二维图像 ······ 43

3.3.4　序号标注、BOM 表格……43
3.3.5　局部放大……45
3.4　工艺信息编辑……45
3.4.1　工序内容编辑……45
3.4.2　工步内容编辑……47
第 4 章　装配仿真及文件输出……48
4.1　仿真播放……48
4.2　AVI 输出……49
4.3　PDF 输出……50
4.4　工艺卡片输出设置……50
4.4.1　工艺卡片配置……50
4.4.2　工艺卡片输出……52
4.5　导出装入件清单……53
第 5 章　3DCAPP-A 系统高级功能……54
5.1　模型完善……54
5.1.1　添加紧固件……54
5.1.2　添加零部件……56
5.1.3　添加零部件阵列……61
5.2　结构转化……62
5.2.1　结构调整……62
5.2.2　添加空零部件……63
5.2.3　从子装配拆离零部件……63
5.2.4　恢复到拆离前的状态……64
5.2.5　完全拆散子装配……64
5.2.6　恢复被拆散部件……65
5.2.7　零部件分组……65
5.3　装配工序规划……66
5.3.1　工序流程图……66
5.3.2　工序分组……67
5.3.3　添加合件中的零部件……69
5.3.4　树模式添加装配对象……70
5.4　装配活动定义……72
5.4.1　径向运动……72
5.4.2　焊接活动……73
5.4.3　涂胶/注油活动……75
5.4.4　刷子/清理活动……76
5.4.5　视角活动……77

5.5 装配效果设计 …… 78
5.5.1 剖切方案应用 …… 78
5.5.2 装配时序调整 …… 80
5.5.3 视频注释 …… 82
5.5.4 音频注释 …… 83
5.5.5 插入暂停 …… 84
5.5.6 闪烁效果 …… 84
5.5.7 光顺轨迹 …… 85
5.6 装配变形功能 …… 86
5.6.1 密封圈 …… 86
5.6.2 开口弹性挡圈 …… 88
5.6.3 开口弹簧垫圈 …… 89
5.6.4 弹簧 …… 92
5.6.5 开口销 …… 95
5.7 标准工具活动 …… 97
5.7.1 旋具活动定义 …… 97
5.7.2 扳手活动定义 …… 98
5.7.3 锄头活动定义 …… 100
5.7.4 测量工具活动定义 …… 100
5.8 机构运动仿真 …… 102
5.8.1 连杆运动仿真 …… 102
5.8.2 齿轮运动仿真 …… 105
5.8.3 凸轮运动仿真 …… 111
5.9 技术图解 …… 111
5.9.1 标记 …… 111
5.9.2 合并序号标注 …… 112
5.9.3 尺寸测量 …… 113
5.9.4 标签标注样式管理 …… 114
5.10 装配工艺性评价 …… 115
5.10.1 动态干涉检查 …… 115
5.10.2 实时干涉检查 …… 117
5.11 整体技术要求 …… 118
5.12 关键工序关重件表达 …… 119
5.13 工序的复制、剪切、粘贴 …… 120
5.14 装配变更处理 …… 120
5.15 部装及总装过程 …… 121
5.16 工作环境设置修改 …… 122

5.16.1 自定义工具栏和快捷键 …… 122
5.16.2 自定义用户界面 …… 124
5.16.3 系统设置 …… 125
第 6 章 工艺装备管理 …… 130
6.1 建立三维工艺装备库 …… 130
6.2 引入工艺装备 …… 132
6.2.1 从本地引入 …… 132
6.2.2 从三维工装库中引入 …… 136
6.2.3 引入已有工装 …… 136
第 7 章 三维布线 …… 137
7.1 电线设计 …… 138
7.1.1 直线电线 …… 138
7.1.2 编辑电线 …… 141
7.1.3 曲线电线 …… 142
7.1.4 螺旋线 …… 144
7.1.5 创建套管 …… 148
7.1.6 删除控制点 …… 149
7.1.7 直线<–>曲线 …… 150
7.1.8 目标对齐 …… 151
7.2 电缆设计 …… 152
7.2.1 直线电缆 …… 152
7.2.2 编辑电缆 …… 154
7.2.3 电缆伸出 …… 155
7.2.4 更换同一端线号 …… 157
7.2.5 更换线号 …… 158
7.2.6 电缆–>电线 …… 159
7.2.7 删除电缆伸出端 …… 159
7.2.8 创建编辑排线 …… 159
7.3 放线活动 …… 163
第 8 章 大装配性能优化 …… 165
8.1 零部件模型自动/半自动加载 …… 165
8.1.1 零部件模型自动加载 …… 165
8.1.2 零部件模型半自动加载 …… 165
8.1.3 零部件模型手动加载 …… 166
8.2 大模型简化 …… 166
8.2.1 移除小零件 …… 167
8.2.2 移除内部零件 …… 168

8.2.3 移除当前视图之外的零部件……170
8.2.4 去除已装工序的配套件……171
8.2.5 指定去除已安装工序零部件……172
**第 9 章 集成应用简介**……173
9.1 集成应用体系架构……173
9.2 集成应用模式……174
9.2.1 产品模型导入到 PDM 系统中……174
9.2.2 设计 BOM 调整为工艺 BOM……174
9.2.3 创建三维装配工艺对象……174
9.2.4 对产品模型进行轻量化……174
9.2.5 三维装配工艺设计过程……175
9.2.6 三维装配工艺设计数据组织形式……176
9.2.7 三维装配工艺文件的签审……176
9.2.8 三维装配工艺文件的汇总……176
9.3 车间信息发布与应用……176

# 第 1 章

# 3DCAPP 软件概述

## 1.1 3DCAPP-A 开发背景

随着制造业信息化技术的迅猛发展，以及在我国制造业企业中的推广和应用，三维 CAD 技术和 PLM（产品全生命周期管理）技术正在成为企业产品创新设计和数字化设计制造的基础平台，这对工艺设计与管理模式等产生了重大影响，同时也奠定了其应用基础。基于三维产品数字模型（3D）的工艺规划技术已成为当前 CAPP（计算机辅助工艺设计）技术发展的重要方向和趋势之一。

3DCAPP（三维装配工艺规划技术）代表了一种全新的制造工艺体系和模式，因为其可以与三维 CAD 技术相结合、可视化效果好，受到企业界和学术界的高度重视。“十五”和“十一五”期间，国家科技部、工信部等政府部门组织开目公司（武汉开目信息技术有限责任公司）等相关单位进行了 3DCAPP 相关技术的研究和攻关。

开目 3DCAPP 是开目公司“十五”和“十一五”期间科技攻关的科研成果。开目公司作为国内数字化工艺与制造的领先者，最早推出了国内首创的开目三维装配工艺软件（开目 3DCAPP for Assembly，开目 3DCAPP-A）。与国外同类产品相比，开目 3DCAPP-A 因其工程特色显著、操作简单、容易上手、符合中国企业实际等优点，深受广大工程技术人员喜爱。

## 1.2 3DCAPP-A 简介

3DCAPP-A 是将传统的装配工艺设计中所体现的内容，以虚拟仿真的形式表达出来的一种三维装配 CAPP 技术，是在三维数字化实体模型的基础上，利用现代计算机技术、信息技术和人工智能技术，借助于虚拟仿真技术等人机交互手段来规划与仿真产品的设计装配过

程，并指导现场生产。它可以克服传统的装配工艺设计中主要依赖于人的装配经验和知识，以及设计难度大、设计效率低、优化程度低等问题。

### 1.2.1 3DCAPP-A 主要功能

3DCAPP-A 是三维 CAD 在企业的深化应用，可以帮助用户规划复杂产品的完整装配过程、根据装配线的工位配置定义装配的每个步骤、确定每个步骤的装配件清单及使用的工艺装备、定义有工艺装备参与的装配活动、仿真整个装配过程并验证装配工艺的合理性、计算装配生产线节拍以提高装配生产线效率等（见图 1-1），有利于加快企业产品上市速度，增强企业对市场的快速反应能力。




图 1-1 开目三维装配工艺设计软件主要功能

- **装配模型管理**：可以实现将三维 CAD 产品模型转换为统一的轻量化模型文件，并通过装配结构的管理，生成满足产品装配工艺性要求的产品装配结构，为后续装配过程规划服务。
- **装配过程规划**：装配过程规划是三维工艺设计的重要内容，主要包括装配顺序、装配节拍、装配路径、制造资源规划、装配过程仿真验证等，通过装配结构规划、方法规划、节拍规划、路径规划等方式，可以实现产品整个装配过程的工艺规划，装配过程规划的优劣程度将会直接影响到产品可装配性、装配质量、装配效率和装配成本。
- **工艺信息发布**：系统提供了各种灵活的装配工艺输出手段，可以支持装配过程仿真及录像输出、各种用于指导现场生产的装配工艺卡片输出以及车间现场的三维工艺轻量化浏览，以指导现场生产。
- **系统集成应用**：系统提供了功能强大的集成接口功能，通过插件 3DCAPP-A 能够轻松地集成到 CAPP、PDM、MES 等软件中，实现了企业中各信息化工具间的数据交互和共享，并且打通了设计、工艺、制造信息流。

### 1.2.2 3DCAPP-A 在企业的应用价值

西方发达国家制造企业对三维装配 CAPP 技术已经有了深入的研究和应用，并已经取得了令人瞩目的效果。美国波音飞机的研制就是数字化应用的典范，通过在设计阶段建立三维数字化模型，采用数字化预装配，建立了装配工艺规划；同时，在现场实际装配中，装配操作人员可以清晰地按照装配工艺和看板提供的示例进行装配，使得装配效率和装配质量得到了大大提高。

目前，国内三维装配 CAPP 技术的应用还处于起步阶段，其主要应用于高产值、高附加值以及信息化程度较高的航空航天、汽车、军用电子等行业。通过应用，主要实现了以下价值：

- **提升产品上市速度**：在产品设计到产品交付的过程中，通过采用数字化预装配进行装配工艺规划，可以帮助企业通过装配过程的模拟分析尽早发现和解决问题，优化装配方案，为设计与工艺、制造的并行提供条件，从而提高装配设计、现场装配工作的工作效率，缩减产品交付期。
- **提高装配质量**：通过装配仿真，模拟和预估产品装配性能及可装配性来及早发现并更正潜在的装配冲突与缺陷。在现场实际装配中，装配操作人员可以清晰地按照装配工艺和看板提供的示例进行装配。
- **降低成本**：通过数字装配模拟的方式验证和优化装配工艺，可有效减少实物打样成本；通过装配仿真动画输出，可以使现场装配过程、装配要求清晰直观展示出来，从而可以保证装配质量，降低对装配工人的技能要求，得以控制人工成本。
- **优化售后服务**：可以帮助用户快速形成动态、直观的产品维修手册和用户培训教材，以动画的形式帮助企业用户快速理解使用方法和维修过程，从而可以降低服务成本、提升客户满意度。

# 第 2 章

# 系统安装及模型导入

## 2.1　3DCAPP-A 系统安装

运行安装盘中的 3DCAPP-A_Setup.exe ，按照提示步骤即可完成 3DCAPP-A 软件的安装。为了让用户获得较好的使用性能，保证必要的显示速度和较高的画面质量，推荐用户使用尽可能大的内存和专业绘图显卡，推荐使用的配置如下：

- CPU：Intel i3。
- 内存：2GB 以上。
- 显卡：支持 3D OpenGL 硬件加速。
- 鼠标：建议使用三键鼠标，充分保证 3DCAPP-A 的操作效果。

安装完成后，桌面会出现【3DCAPP-A】的图标。双击该图标，启动 3DCAPP-A，出现图 2-1 所示的界面，随后进入 3DCAPP-A 初始界面，如图 2-2 所示。




图 2-1　3DCAPP-A 启动界面

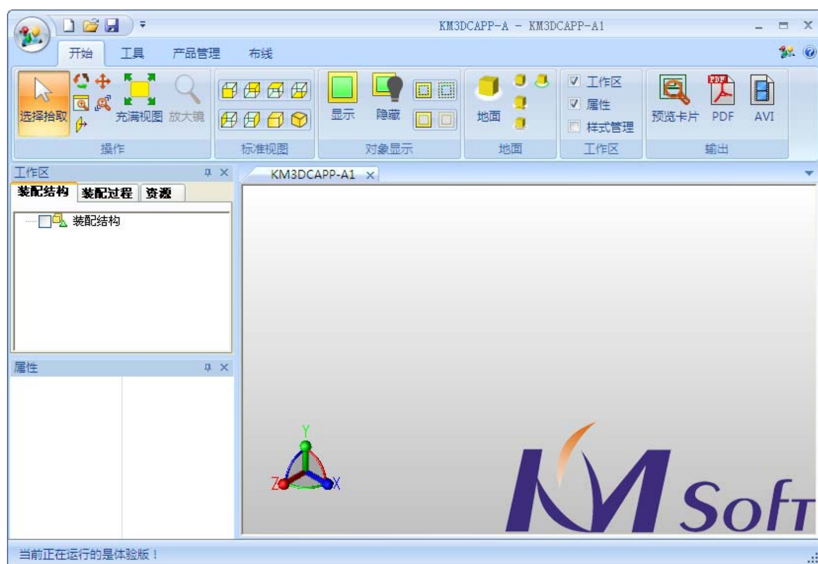



图 2-2　3DCAPP-A 初始界面

双击名为“减速机.kmapd”的文件，打开该文件，如图 2-3 所示。3DCAPP-A 的操作界面主要由标题栏、快速访问工具栏、【操作】工具栏、工作区、属性区、三维模型视图区和状态栏组成。

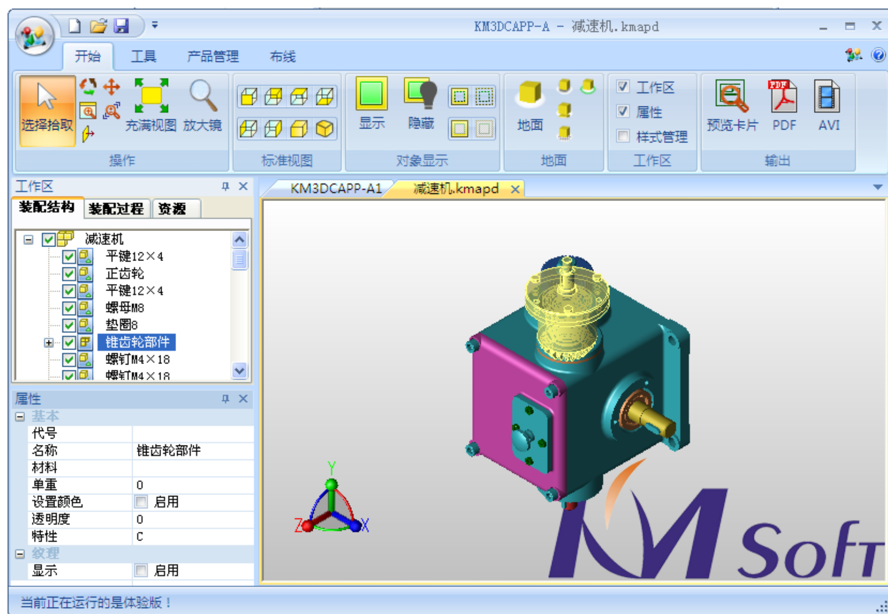



图 2-3　3DCAPP-A 操作界面

（1）标题栏

标题栏显示了软件的名称以及当前文件的名称。运行 3DCAPP-A，在没有打开任何文件的情况下，标题栏显示的是“3DCAPP-A－KM3DCAPP-A1”，系统直接新建了文件名为

“KM3DCAPP-A1”的文件。

（2）快速访问工具栏

快速访问工具栏提供了常用的标准命令，如【新建】、【打开】、【保存】等。用户可以自定义快速访问工具栏，具体方法见本书 5.16.1“自定义工具栏和快捷键”小节。

（3）【操作】工具栏

【操作】工具栏集合了 3DCAPP-A 中的大部分命令，这些命令分别放置在不同的选项卡中，供用户选择使用。【操作】工具栏位于标题栏的下方，包括【开始】、【工具】、【产品管理】、【布线】选项卡。单击其中的某个选项卡，在【操作】工具栏中就会显示相应的命令和图标，用户可根据需要选择相应的命令。【操作】工具栏右侧设有【关于】按钮和【帮助】按钮，单击【关于】按钮将显示版本号及版权信息，单击【帮助】按钮将显示帮助文件。

（4）工作区

工作区用于显示并管理被装配的产品、装配过程、装配过程中用到的工艺装备（即资源），由三个标签页组成，即装配结构、装配过程和资源。装配结构标签页显示装配 BOM 结构，如图 2-4 所示；装配过程标签页记录了规划的工序、零部件的装配路径，技术图解等内容，如图 2-5 所示；资源页面用来管理引入的工艺装备。

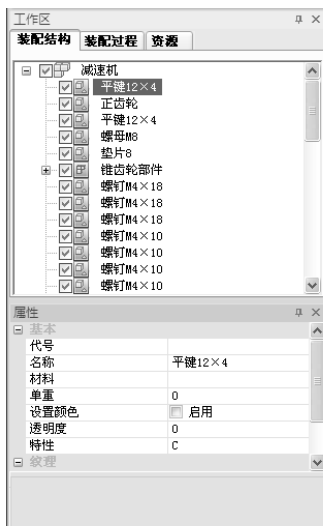



图 2-4　装配结构标签页

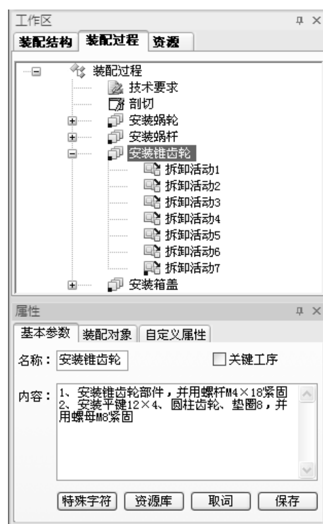



图 2-5　装配过程标签页

（5）属性区

工作区的下部为属性区。当工作区为【装配结构】标签页时，属性区中显示所选零件的属性，用户可以根据需要修改所选零件的颜色、透明度、纹理显示等。当工作区为【装配过程】标签页时，如果选择的是装配步骤（工序节点），则属性区中显示工序信息、工序的配套件、自定义属性等内容；如果选择的是装配活动（工步节点），则属性区中显示工步信息、运动轨迹及运动时间、自定义属性、音频注释等内容。

（6）三维模型视图区

三维模型视图区用于显示产品模型，装配路径规划也是在这个区域中完成的。

左下角的罗盘可以帮助用户在三维模型视图区中进行定位。红、绿、蓝三种颜色的圆弧分别表示 *X*–*Y*，*X*–*Z*，*Y*–*Z* 平面，拖动红、绿、蓝三个圆弧时，模型将分别绕着 *Z* 轴、*Y* 轴、*X* 轴旋转；拖动坐标轴时，模型将随鼠标在被拖动的坐标轴方向移动；拖动坐标平面时（坐标轴和圆弧围成的区域），模型将在该坐标平面内平动；双击坐标轴时，模型将显示为该坐标轴方向的标准视图。

（7）状态栏

状态栏位于界面底部，用于显示相关命令的操作步骤，帮助用户完成一些操作。如规划工序及配套件后，在定义装配活动时，状态栏会提示用户“请选择零部件或合件”，选择零部件或合件后，状态栏会提示用户“请移动定位夹定义拆卸活动轨迹”。

## 2.2 3DCAPP–A 系统的关键术语

3DCAPP–A 的关键术语包括产品、装配步骤、装配活动、合件、属性、技术图解等。

（1）产品

产品是指进行装配过程规划的三维装配模型，3DCAPP–A 支持多款主流三维 CAD 模型文件的导入，包括 NX，Creo，CATIA，SolidWorks，Inventor，Parasolid，IGES，STEP。

（2）装配步骤

装配过程可以划分为若干装配步骤，装配步骤确定了步骤内将被装配的零部件，以及各零部件的装配路径轨迹。每一道装配步骤在工作区的装配过程树下显示为一个节点，节点的默认名称为“步骤+ 顺序号”，例如“步骤 1”，用户可根据情况修改，如图 2–5 所示中，装配步骤为“安装蜗轮”“安装蜗杆”等。

（3）装配活动

装配活动即是零部件由初始位置到装配位置的装配路径轨迹集合。一个装配步骤中包含若干装配活动，如图 2–5 所示中，装配步骤“安装锥齿轮”中包含 7 个装配活动。

（4）合件

当前装配步骤之前已安装的部件称为合件。

（5）属性

属性是对 3DCAPP–A 中零部件、装配步骤、装配活动的描述。零部件的属性包括颜色、透明度和纹理显示等；装配步骤的属性包括工序信息、工序的配套件和自定义属性等；装配活动的属性包括工步信息、运动轨迹及运动时间、自定义属性和音频注释等。

（6）技术图解

技术图解主要包括二维文本、二维图像、各类标记、标签、序号标注、BOM 表格、尺寸标注和局部放大等，用来增强装配过程的描述，提高装配仿真的可操作性及实用性。

## 2.3 模型导入及相关操作

### 2.3.1 模型导入

规划产品的装配过程前，首先需要导入三维 CAD 设计的产品模型。下面以“减速机”

为例说明导入模型的方法。

① 在【装配结构】标签页的【装配结构】根节点上，选择鼠标右键菜单中的【引入产品】命令，弹出【打开】对话框，选择“样例文件\三维模型\减速机”下的文件“geardownbox_As.prt”，如图 2-6 所示。

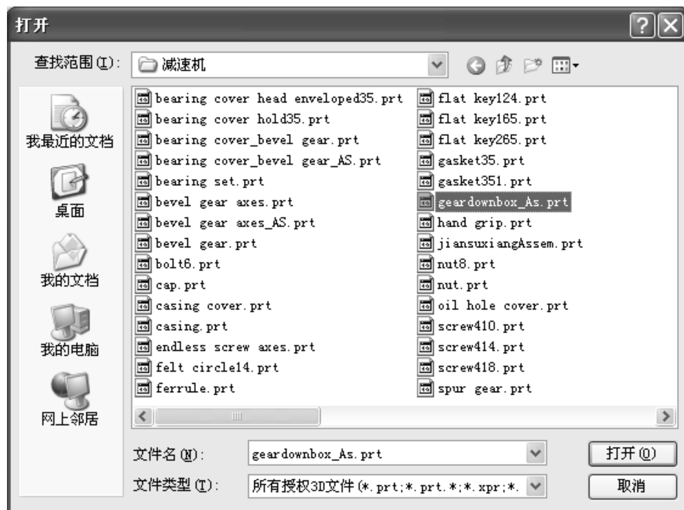



图 2-6　选择产品模型文件

② 单击【打开】按钮或双击文件，模型即导入到 3DCAPP-A 系统中，生成产品结构树，同时在三维模型视图中显示该装配模型，如图 2-7 所示。选择结构树上某一零件节点，右边对应的零件模型加亮显示；同样，在三维模型视图中选择某一零件，结构树上对应的零件节点加亮显示（为了图片清晰，下文中的所有图片将背景色改成白色）。

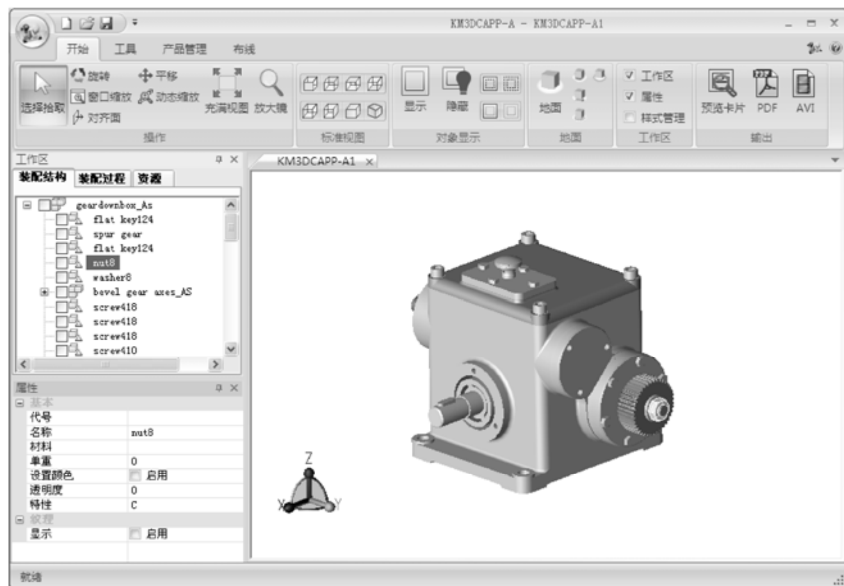



图 2-7　产品的装配结构树

③ 在三维模型视图区中右击，在弹出的菜单中选择【充满窗口】、【窗口放大】、【动态缩放】、【旋转】、【移动】命令，或选择【操作】工具栏中的对应按钮，如图 2-8 所示，可对模型进行放大、缩小、旋转、移动操作。




图 2-8　【操作】工具栏中的操作按钮

导入模型也可以通过三维模型转换器将产品模型转换成*.xml 文件后，再导入到 3DCAPP-A 中，其结果与直接导入三维模型效果一样。在 3DCAPP-A 中直接导入三维模型，当模型较大时，会花费较长时间。用户可在规划装配工艺前用三维模型转换器将模型转换好，在规划装配工艺时再导入到 3DCAPP-A 中，以提高工作效率。

下面仍以“减速机”为例说明三维模型转换的方法。

① 双击桌面上【三维转换工具】图标，启动三维装配工艺转换器，如图 2-9 所示。




图 2-9　开目三维模型转换工具

② 单击对话框上的【添加】按钮，添加需要转换的产品模型文件，选择“样例文件\三维模型\减速机”下的文件“geardownbox_As.prt”，添加文件后，需要转换的文件显示在下面的列表中。可以修改转换文件的输出路径，方法为：双击默认路径栏，后面出现一个小按钮，单击该按钮设置文件的输出路径。用户可以通过右键菜单依次添加模型，如图 2-10 所示。




图 2-10　添加三维模型文件

③ 单击对话框上的【开始转换】按钮，开始转换列表中的文件，转换进度显示如图 2-11 所示。转换完成后单击【文件转换进度】对话框上的【退出】按钮，退出该界面，则在图 2-11 所示中的转换文件的“转换状态”处将显示“成功”。

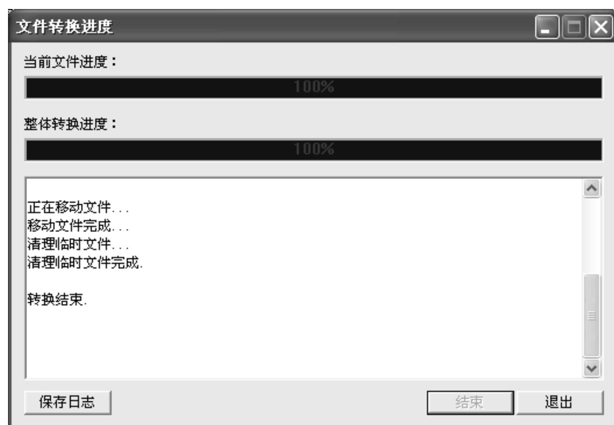



图 2-11　转换过程

全部转换完成后，用户可以清空文件列表，重新添加新的需要转换的文件。

在 3DCAPP-A 中引入产品时，在图 2-6 所示中的【文件类型】下拉列表框中选择 “XML 文件”，然后选择文件输出路径中的“geardownbox_As.xml”文件，即可将模型导入。

## 2.3.2　零部件显示设置

减速机中很多零件在箱体内部，不容易看清楚，这时可以将箱体隐藏，或将箱体线框显示、或将其透明，以便清晰地看到内部结构。

（1）显示/隐藏零部件

为了看清内部构造或被遮挡的零部件，可将箱体隐藏。

隐藏箱体的操作方法有如下三种。

1）在装配结构树中选中节点“casing”（箱体），选择鼠标右键菜单中的【显示/隐藏】命令，箱体模型将被隐藏，装配结构树上相应节点图标由变成，内部零部件将显示出来。

2）在三维模型视图区中选择“箱体”模型，选择鼠标右键菜单中的【显示/隐藏】命令。

3）选中零部件节点或模型，单击【操作】工具栏中【开始】/【隐藏】按钮，隐藏零部件。

选中被隐藏的零件节点，选择右键菜单中的【显示/隐藏】命令，隐藏的零部件将显示出来。单击【操作】工具栏中【开始】/【显示】按钮，隐藏的零部件会全部显示出来。

（2）隐藏所有零部件

有时为了看清某个或某几个零部件结构，可将所有零部件隐藏，然后单独将此零件显示。

如为了看清“bevel gear axes_AS”（锥齿轮轴）部件，可在装配结构树的根节点处选择鼠标右键菜单中的【隐藏所有零部件】命令，则所有零部件将变为隐藏状态，然后在结构树上选中“bevel gear axes_AS”节点，选择右键菜单中的【显示/隐藏】命令，则“bevel gear axes_AS”模型将显示出来。

（3）取消所有零部件的隐藏属性

当产品中存在被隐藏的零部件时，通过此功能可以显示所有的零部件。

在装配结构树的根节点处单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择【取消所有零部件的隐藏属性】命令，相应的零部件节点图标由变成，同时三维模型视图区显示装配体。

（4）线框显示

如果既想看清内部构造或被遮挡的零部件，又想看清内部零件的安装位置，可将箱体线框显示出来。

线框显示的操作方法有如下三种。

1）在装配结构树中选中节点“casing”，选择鼠标右键菜单中的【线框显示】命令，效果如图 2-12 所示。

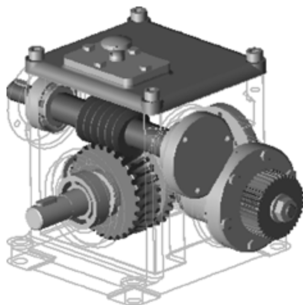


图 2-12　箱体线框显示

2）在三维模型视图区中选择“箱体”模型，选择鼠标右键菜单中的【线框显示】命令。

3）选中零部件节点或模型，单击【操作】工具栏中【开始】按钮，零部件线框将显

示出来。

（5）取消线框显示

取消线框显示的操作方法有如下三种。

1）在装配结构树中选中线框显示的零部件节点，选择鼠标右键菜单中的【取消线框显示】命令。

2）在三维模型视图区中选择线框显示的零部件，选择鼠标右键菜单中的【取消线框显示】命令。

3）选中线框显示的零部件节点或模型，单击【操作】工具栏中【开始】按钮，正常显示零部件模型。

（6）线框显示所有零部件

为了看清某个或某几个零部件结构及其装配位置，可将所有零部件线框显示，然后再将此零件正常显示。

在装配结构树的根节点处选择鼠标右键菜单中的【线框显示所有零部件】命令，或单击【操作】工具栏中【开始】按钮，则显示装配体线框。

（7）取消所有零部件的线框显示

当装配体是线框显示的状态时，可以取消所有零部件的线框显示状态，在三维模型视图区显示装配体的实体。

其具体操作方法有两种。

1）选择装配结构树根节点右键菜单中【取消所有零部件的线框显示】命令，三维模型视图区的装配体实体显示。

2）单击【操作】工具栏中【开始】按钮，三维模型视图区的装配体实体显示。

（8）透明

如果希望看清内部构造或被遮挡的零部件，又希望显示外壳件的轮廓，可将外壳件透明。

在三维模型视图区中选择“箱体”模型，单击【操作】工具栏中【开始】按钮，零部件将透明显示，效果如图 2-13 所示。再单击【操作】工具栏中【开始】按钮，将正常显示零部件模型。

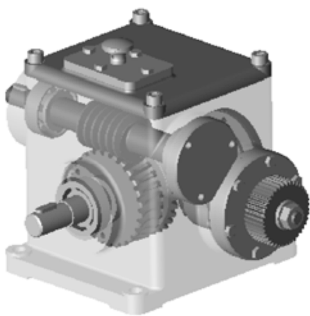


图 2-13　箱体透明

单击按钮，整个装配体透明。单击按钮，则正常显示零部件模型。

### 2.3.3　零部件属性修改

如果需要修改零部件的属性，可在装配结构树上选中零部件节点，在属性区中进行修改，如图 2-14 所示。

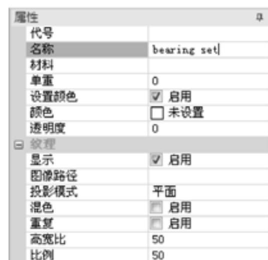



图 2-14　零部件属性区

（1）代号、名称修改

零部件的代号、名称、材料和单重可直接在对应项右边的网格中修改。

（2）颜色设置

若对零部件的颜色有要求，可以勾选【设置颜色】后的【启用】复选框，显示出颜色栏，单击【未设置】右边的下拉按钮，弹出颜色选择框，如图 2-15 所示，选择颜色后，系统将更新当前选中的零部件颜色。单击颜色选择框下的【其他…】按钮，弹出 Windows 标准颜色对话框供用户选择。




图 2-15　设置颜色

也可以通过零部件的右键菜单操作修改零部件颜色。选中零部件节点后单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择【设置颜色】命令，系统弹出 Windows 标准颜色对话框供用户选择。

恢复原始颜色操作方法为：选中零部件节点后单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择【恢复原始颜色】命令即可恢复零部件原始颜色。

### 2.3.4　模型数据加载/卸载

三维模型实体描述数据（简称三维模型数据）和显示数据在计算机内存中是分离存放的，一般情况下，仅有三维显示数据就可以执行三维装配仿真的大部分功能，当需要拾取模型的点/线/面等几何要素时，才需要模型数据（如添加零部件时需要选择重合的面）。为了提高系统性能，在没有必要的时候，用户尽量不要加载模型数据，特别是在处理大装配时。

加载模型数据的操作方法有如下三种。

1）在装配结构树上的零部件前方框中勾选，即加载了此零部件的模型数据；取消勾选即卸载了此零部件的模型数据。当勾选了装配结构树根节点时，加载所有零件模型数据；取

消勾选即卸载所有零件模型数据。

2）在装配结构树中选中零部件节点，选择右键菜单中的【加载模型数据】/【卸载模型数据】命令。

3）在三维模型视图区中选择零部件后，选择右键菜单中的【加载模型数据】/【卸载模型数据】命令。

因后续章节操作中会拾取模型点/线/面等几何要素，所以读者学习时可以先加载减速机的模型数据。

### 2.3.5 排序

在大型装配中，在装配结构树中根据零部件名称定位一个零件通常是很困难的，这时通过对装配结构树的排序可以快速定位到零件。

选择装配结构树任何节点，选择鼠标右键菜单中的【排序】命令，在弹出的二级菜单中有【按名称升序】和【按名称降序】两种排序方式，选择合适的排序命令，系统即对装配结构树的同一层次上的节点按用户指定的排序规则排序。

### 2.3.6 查找零部件

选择装配结构树根节点，选择右键菜单中的【查找】命令，弹出图 2-16 所示的【查找】对话框，用户可根据输入的条件来查找零部件。

在【属性】下拉列表框中选择属性类型，【条件】下拉列表框中选择比较条件，【连接条件】下拉列表框中选择“且”或“或”，最多匹配 3 组条件。条件定义好后，单击【查找】按钮，则找到的零部件节点和三维模型将高亮显示。单击【查找下一个】按钮，则会显示下一个找到的零部件。




图 2-16　输入查找零件条件

## 2.4　3DCAPP-A 系统文件类型

3DCAPP-A 系统的文件类型主要包括三维装配工艺文件（*.kmapd）和开目信息文件（*.xml），*.kmapd 是主要的文件格式。当文件保存为*.xml 时，会同时生成*.xml.files 文件夹。在 Windows 的资源管理器中复制装配工艺文件时，需同时复制*.xml 和对应的文件夹。在开目 CAPP 中可以直接打开*.xml 文件，装配工艺信息会显示在工艺表格中。

减速机模型导入后，可保存文件为“减速机.kmapd”。

# 第 3 章

## 装配过程规划实例操作

产品模型导入到 3DCAPP-A 系统中后生成产品结构树，用户可根据产品装配的工艺性要求，将产品设计结构调整为产品装配结构，为规划装配工序及工步奠定基础。

通过装配过程定义及管理功能来规划装配的每一道工序，指定每一道工序装配的零部件，定义零部件的装配路径，包括直线、旋转、螺旋、平动、牵引、径向、周向等 7 种运动，并支持典型运动（如导线穿引、扳手、螺钉旋具运动等）。

在装配过程中可以加入多种类型的注释（标注），可以有引出的说明性文字（标签），可以加入固定在图面上的文字或图像，可以自动加上零部件序号（形式上类似于引出标注），并可以自动产生本工序配套件的明细表，用来增强装配过程的表达功能。

在产品的装配过程中，可以使用扳手、螺钉旋具等工艺装备，并定义使用工艺装备辅助零部件装配的详细细节。用户还可以指定工序的名称、内容、装配要求、检测要求等内容，所有这些信息都能够以装配工艺卡片的形式打印输出。

本章将以“减速机”为例介绍装配过程规划中的基本操作。减速机的外观如图 3-1 和图 3-2 所示，内部构造如图 3-3 所示。

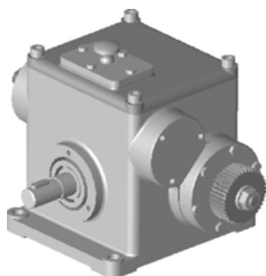


图 3-1　减速机外观（一）

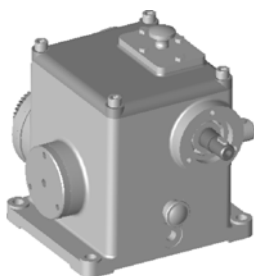


图 3-2　减速机外观（二）



图 3-3　减速机内部构造

减速机的工作原理为：首先，动力经带轮传送到蜗杆，蜗杆通过啮合将动力传递给蜗轮，快速完成传动比比较大的减速功能；然后，蜗轮通过蜗轮轴将动力传递给同轴的锥齿轮，锥齿轮通过啮合作用将运动再传递给锥齿轮轴，完成方向的改变；最后，动力最终经与锥齿轮轴同轴的圆柱齿轮输出。

减速机的爆炸图如图 3-4 所示。

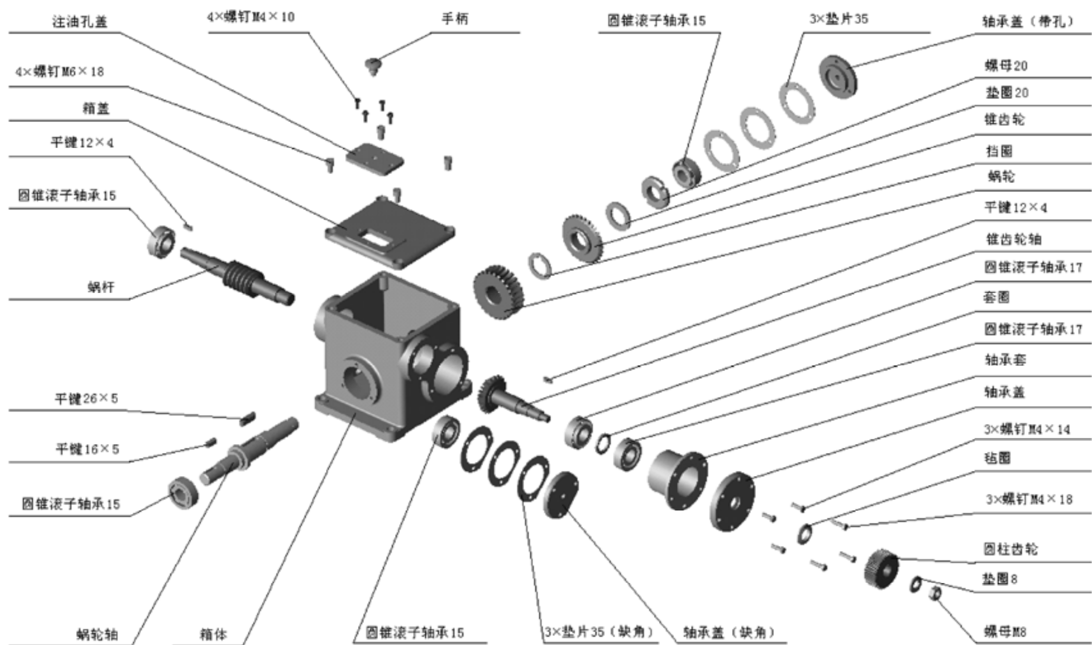



图 3-4　减速机爆炸图

## 3.1　装配工序规划

减速机的装配过程分为 4 道工序：安装蜗轮、安装蜗杆、安装锥齿轮和安装箱盖。下面分析描述各道工序安装前后的效果，以便在后续工序规划时顺利选择各道工序的配套件。

（1）安装蜗轮

安装蜗轮轴、蜗轮、锥齿轮等。安装前和安装后的效果如图 3-5 和图 3-6 所示。

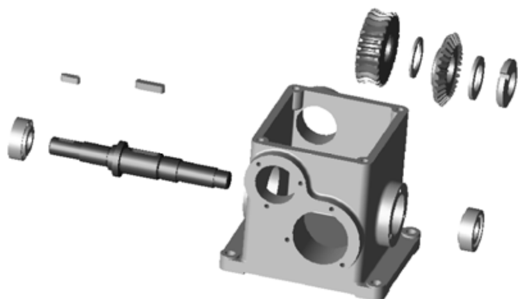


图 3-5　工序 1 安装前

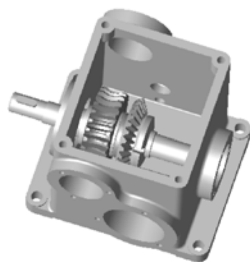


图 3-6　工序 1 安装后

（2）安装蜗杆

安装蜗杆、两端轴承及平键。安装前和安装后的效果如图 3-7 和图 3-8 所示。

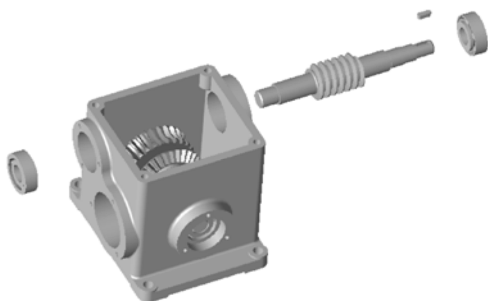


图 3-7　工序 2 安装前

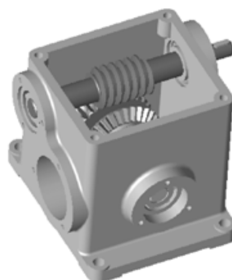


图 3-8　工序 2 安装后

（3）安装锥齿轮

安装锥齿轮部件及正齿轮。安装前和安装后的效果如图 3-9 和图 3-10 所示。

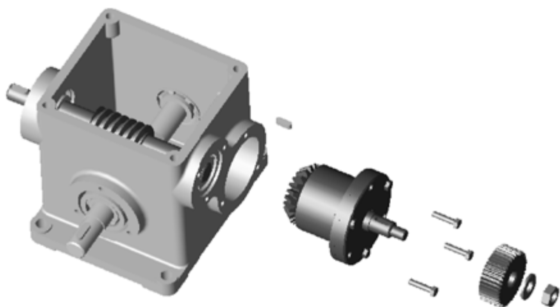


图 3-9　工序 3 安装前

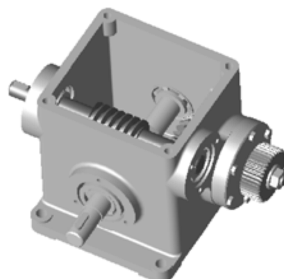


图 3-10　工序 3 安装后

（4）安装箱盖

安装各轴承盖、箱盖及注油孔盖。安装前和安装后的效果如图 3-11 和图 3-12 所示。

后文中描述的操作是在“样例文件\工艺文件\减速机-cs.kmapd”上操作的，为了叙述方便，将零件名称全部修改成了中文名称。

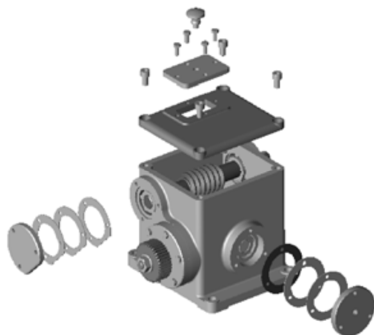


图 3-11　工序 4 安装前

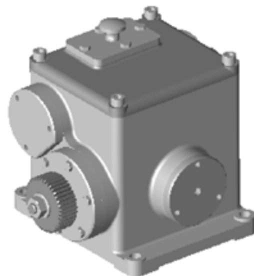


图 3-12　工序 4 安装后

3DCAPP-A 中装配工序规划是在工作区的【装配过程】标签页中完成的。

（1）规划工序“安装蜗轮”

① 选中“装配过程”根节点，选择右键菜单中的【添加装配步骤】命令，或单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【新建】按钮，系统在装配过程树中生成一个步骤节点，默认名称是“步骤 1”。步骤名称可在下面的属性区中修改，修改为“安装蜗轮”，单击 保存 按钮，如图 3-13 所示。

添加步骤时可采用标准工序名。用户可在开目企业资源管理器中，在“工序名称库”中建立企业用到的标准工序名，在添加步骤时可直接从“工序名称库”中选择统一配置的工序名称作为步骤名称。

设置标准工序名的操作方法为：单击【操作】工具栏中的【工具】/【选项】按钮，弹出【选项】对话框，在【一般】标签页中勾选【标准工序名】复选框，并输入“开目 CAPP 工艺资源库\一般资料\工序名称库”（与开目企业资源管理器中节点名称一致），如图 3-14 所示。在添加装配步骤时，会弹出图 3-15 所示对话框，双击某一工序名称，该名称将作为标准步骤名添加到装配过程树上。若要修改标准工序名，则在步骤的属性栏中单击 修改名称 按钮，仍弹出图 3-15 所示对话框，重新选择即可。对于填写的标准工序名称，不能直接手工修改。

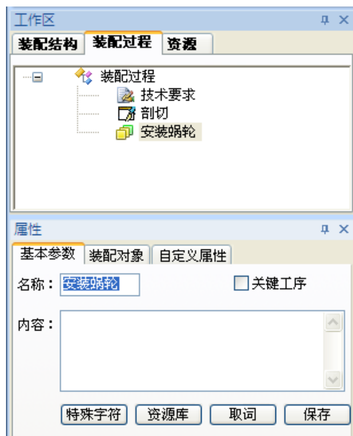



图 3-13　修改步骤名称

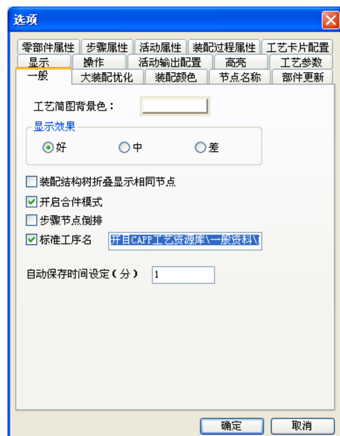



图 3-14　设置标准工序名称

② 选中“安装蜗轮”节点，选择右键菜单中的【装配对象】/【添加/删除装配对象】命令，弹出【添加/删除装配对象】对话框，如图 3-16 所示（此图为装配对象添加后的效果，弹出对话框时【装配对象】中为空）。

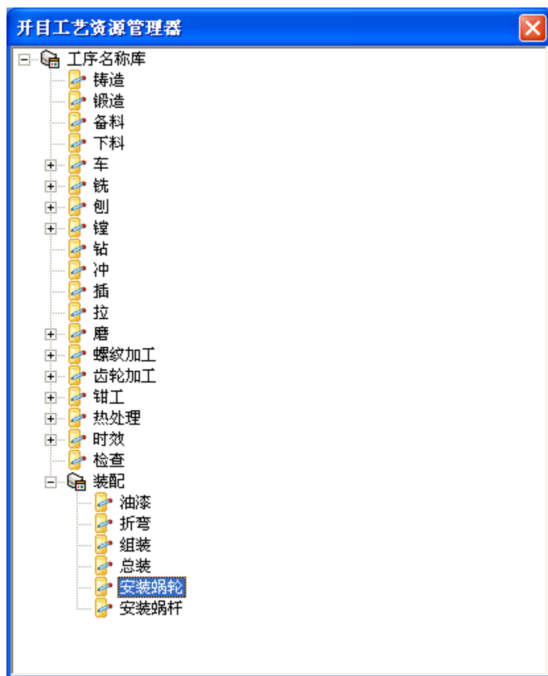



图 3-15　工序名称库




图 3-16　添加工序 1 的配套件

添加或删除配套件的方式有以下两种：

a．在【可选对象】列表框中双击零部件，或选择零部件后，再单击对话框中的按钮，该零部件将自动加入到下面【装配对象】列表框中；在下面【装配对象】列表框中双击零部件，或选择零部件后再单击对话框中的按钮，该零部件将从装配对象中删除，自动回到【可选对象】列表框。

b．在三维模型视图中添加/删除配套件的方法为：在三维模型视图中选中装配对象后双击鼠标左键，可将该零部件添加为本道工序的配套件，再次双击鼠标左键可从装配对象中删除该配套件。

【添加/删除装配对象】对话框中其他功能如下。

a．“状态”栏的图标：隐藏/显示（/）、线框/实体（/）、冻结/解冻（/）、已装件/未装件（（青色）/（红色））。不同图标状态切换，只需单击图标即可。改变显示状态，主要是为了在三维模型视图区中方便地选取零部件。

b．单击【代号】、【名称】、【材料】标签，可对代号或名称或材料进行升/降排序。

c．在【添加/删除装配对象】对话框中，根据代号、代号和名称、代号和名称及材料可以快速查询所需的零部件，并加亮显示。

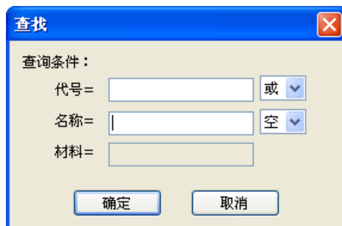



图 3-17　输入查找条件

具体操作方法如下。

在对话框中的【可选对象】或【装配对象】选项框中选择鼠标右键菜单中的【查找】命令，弹出【查找】对话框，如图 3-17 所示；输入查询内容（可使用通配符）和逻辑关系“与”“或”，单击【确定】按钮后，光标将定位到查询到的对象上，可对对象进行操作。

③ 选择完该道工序所有的配套件后，单击对话框中的【确定】按钮，在步骤属性区中可以显示该步骤的配套件，三维模型视图区中将显示安装好后的效果，如图 3-18 所示。

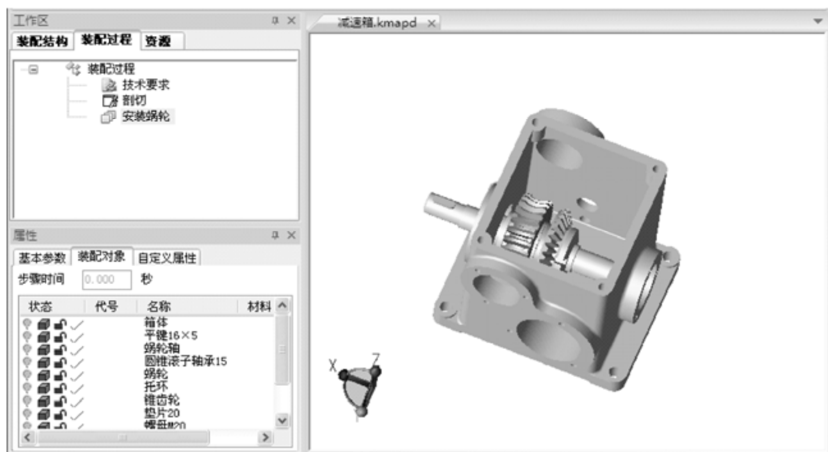



图 3-18　工序 1 的配套件及工序 1 安装后的效果

（2）规划工序“安装蜗杆”

按第 1 道工序中添加工序的方法添加第 2 道工序，或者选中工序“安装蜗轮”节点，选择右键菜单中的【生成装配步骤】命令添加第 2 道工序，改工序名称为“安装蜗杆”，并分配配套件安装蜗轮合件、蜗杆、2 个圆锥滚子轴承 15、平键 12×4，显示效果如图 3-19 所示。

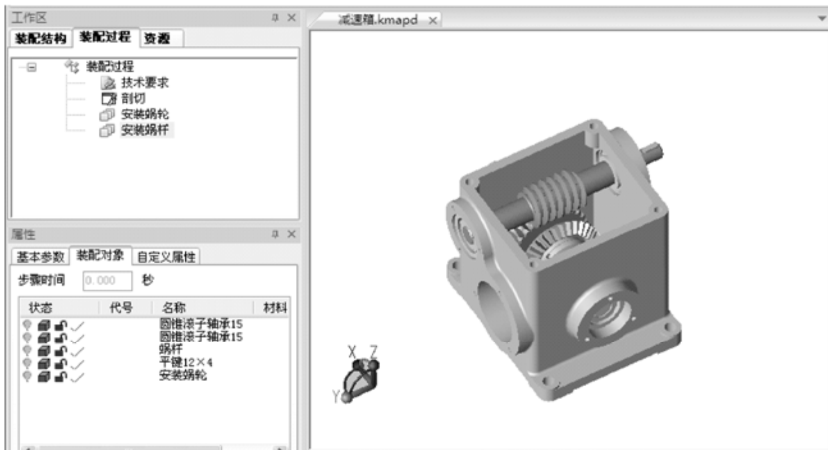



图 3-19　工序 2 安装后的效果

（3）规划工序“安装锥齿轮”

添加第 3 道工序，改工序名称为“安装锥齿轮”，并分配配套件安装蜗杆合件、锥齿轮部件、平键 12×4、正齿轮、垫圈 8、螺母 M8、3 个螺钉 M4×18，显示效果如图 3-20 所示。

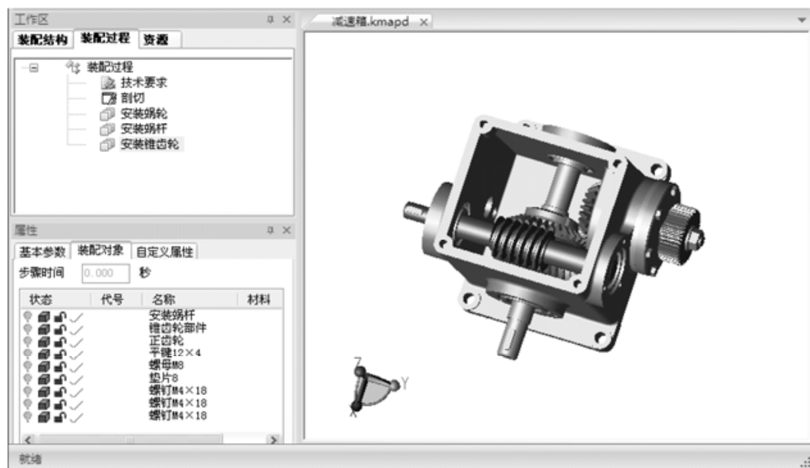



图 3-20　工序 3 安装后的效果

（4）规划工序“安装箱盖”

添加第 4 道工序，改工序名称为“安装箱盖”，配套件为安装锥齿轮合件及剩余所有零件，显示效果如图 3-21 所示。

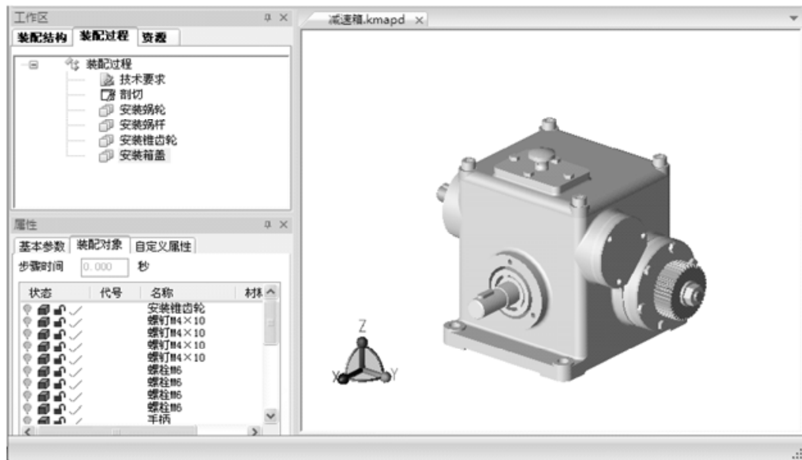



图 3-21　工序 4 安装后的效果

## 3.2　装配路径规划

规划完工序和配套件后，所有零件都处于安装好之后的位置，用户要做的是通过拆卸的方式定义零部件的装配路径。

定义拆卸活动首先要指定活动的零部件（活动对象），然后定义其运行轨迹。活动由一个或多个轨迹组成，轨迹分为直线运动、平动运动、螺旋运动、牵引运动、径向运动、周向

运动和典型运动等。

### 3.2.1　定义工序“安装蜗轮”的装配活动

为了方便选择和查看箱体内零件，将模型调整到图 3-22 所示方位。首先松开螺母 M20，然后拆卸右端轴承，再将蜗轮轴、左端轴承及 2 个平键向箱体外移动一段距离，接着依次拆卸螺母 M20、垫圈 20、锥齿轮、挡圈、蜗轮，最后将蜗轮轴、左端轴承及 2 个平键移动到箱体外，拆卸 2 个平键及左端轴承。

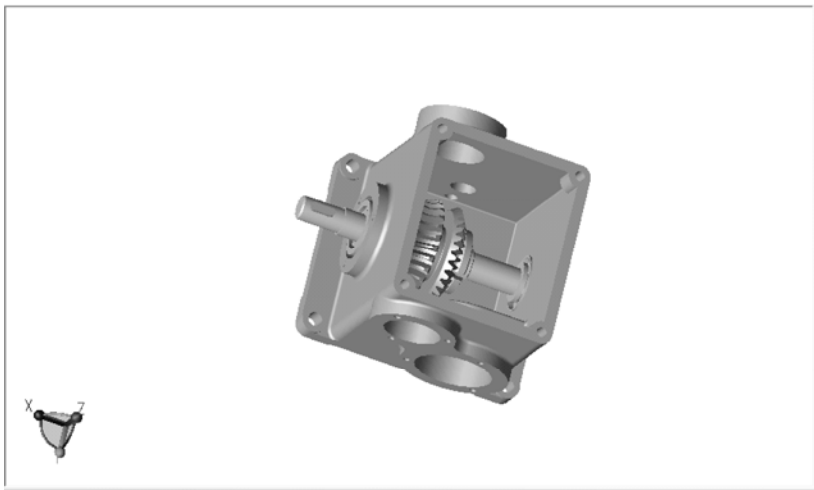


图 3-22　调整模型方位

（1）定义螺母 M20 的螺旋运动

选择“安装蜗轮”节点，再选择右键菜单中的【定义拆卸活动】命令，或单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【活动】按钮，弹出【轨迹定义】工具条，如图 3-23 所示，可用鼠标直接选中待拆卸的零部件，然后定义其运动轨迹。

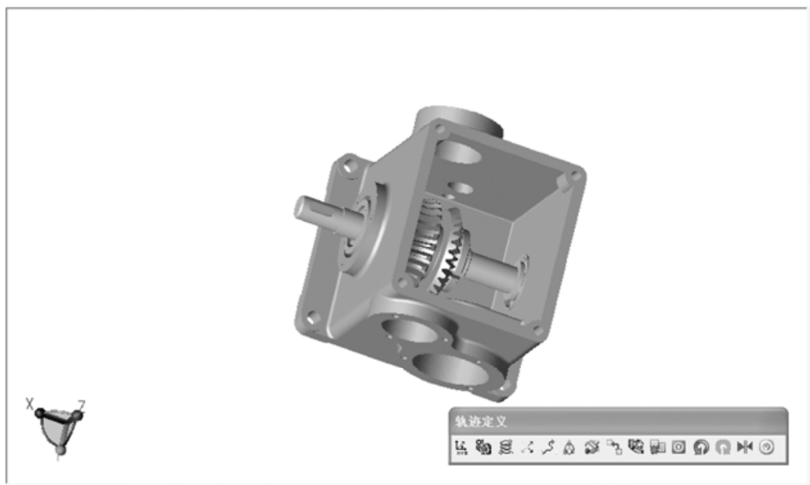



图 3-23 【轨迹定义】工具条

直接用鼠标选择“螺母 M20”，出现定位夹，如图 3-24 所示。单击【轨迹定义】工具条中的按钮，将鼠标移动到螺母的旋转轴上（这里是 *Z* 轴，*Z* 轴加亮显示），单击此坐标轴将弹出【螺旋运动参数】对话框，如图 3-25 所示。选择“螺距”为 2，输入“圈数”为 4，系统默认零件沿坐标轴方向旋出，如果沿坐标轴反方向旋出，则单击反向按钮，参数设置完后单击【确定】按钮，生成螺旋运动轨迹，如图 3-26 所示。

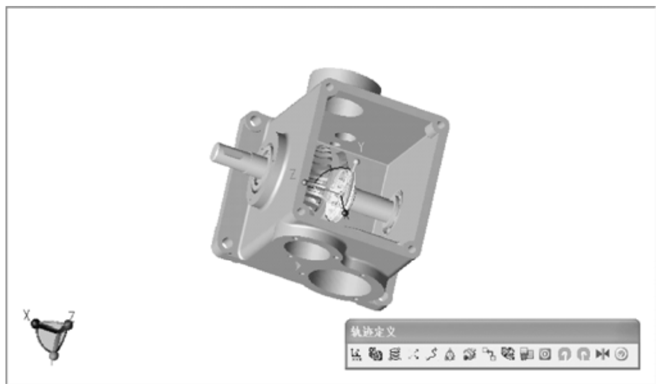



图 3-24　选择螺母 M20

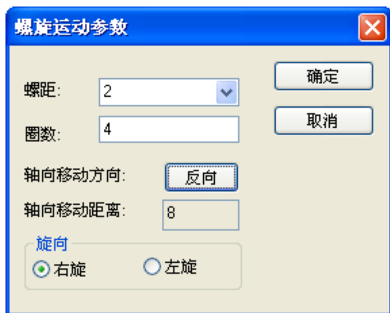



图 3-25　输入螺旋运动参数

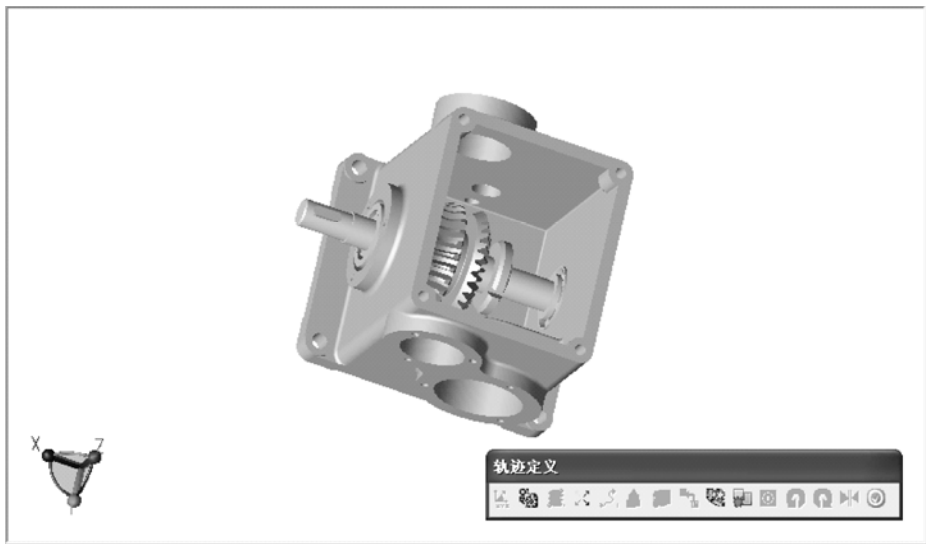



图 3-26　螺母 M20 松开

（2）定义在端轴承的运动

本例中该轴承被遮挡不易用鼠标直接选择，可以单击【轨迹定义】工具条中的按钮，在弹出的【添加/删除活动对象】对话框中选择，如图 3-27 所示。在【装配对象】列表框中双击零部件，或选择零部件后，再单击对话框中的按钮，该零部件将自动加入到【活动对象】列表框中；若在【活动对象】列表框中双击零部件，或选择零部件后，再单击对话框中的按钮，该零部件将从活动对象中删除，自动回到【装配对象】列表框。在对话框中选择某一零部

件时，三维模型视图区中的对应零部件会加亮显示。这里将右端“圆锥滚子轴承 15”添加到活动对象中。单击【确定】按钮，右边轴承加亮显示，并显示定位夹，如图 3-28 所示。

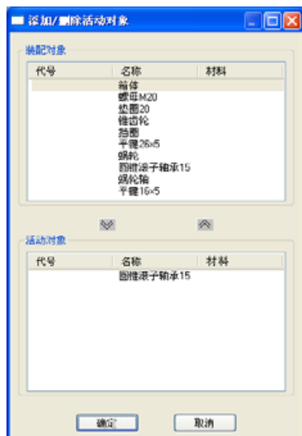



图 3-27 添加/删除活动对象

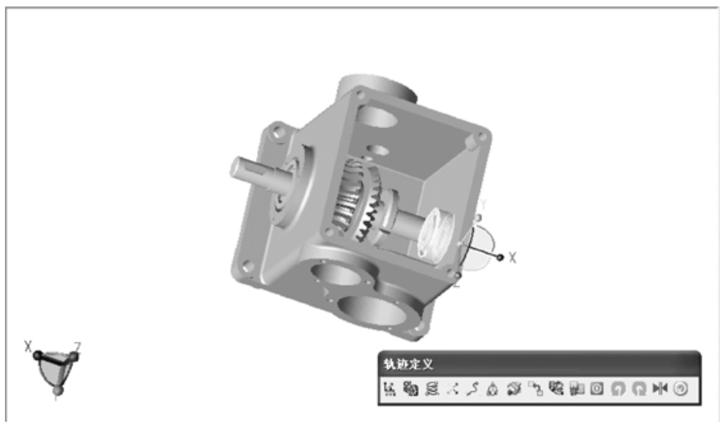



图 3-28 选择右端轴承

移动光标到定位夹 *X* 坐标轴上，坐标轴将加亮（白色）显示，按下鼠标左键不放，沿 *X* 坐标轴方向移动定位夹，轴承将随定位夹一起作直线运动，移动到合适的位置后释放鼠标左键，如图 3-29 所示，在空白处单击鼠标左键完成此活动定义。

如果需要移动精确位置，可双击定位夹 *X* 坐标轴，在弹出的【输入数据】对话框中输入正数或负数（正数表示沿坐标轴正方向移动；负数表示沿坐标轴负方向移动），按〈Enter〉键后，零部件将按照输入的数据移动位置。

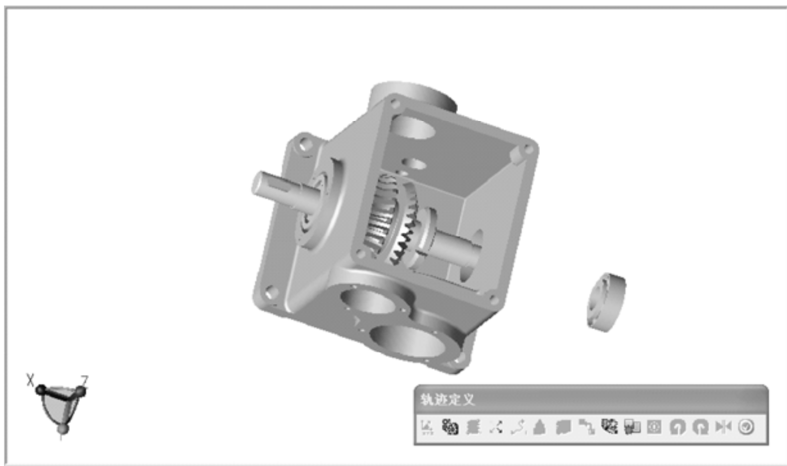



图 3-29 定义右端轴承的运动

（3）定义蜗轮轴、左端轴承及 2 个平键的运动

选择蜗轮轴及左端轴承、平键 16×5、平键 26×5，向箱体外移动一段距离，保证能顺利拆卸螺母 M20、垫圈 20、锥齿轮、挡圈及蜗轮。因为蜗轮宽度最大，所以移动的距离要大于蜗轮的宽度，如图 3-30 所示。

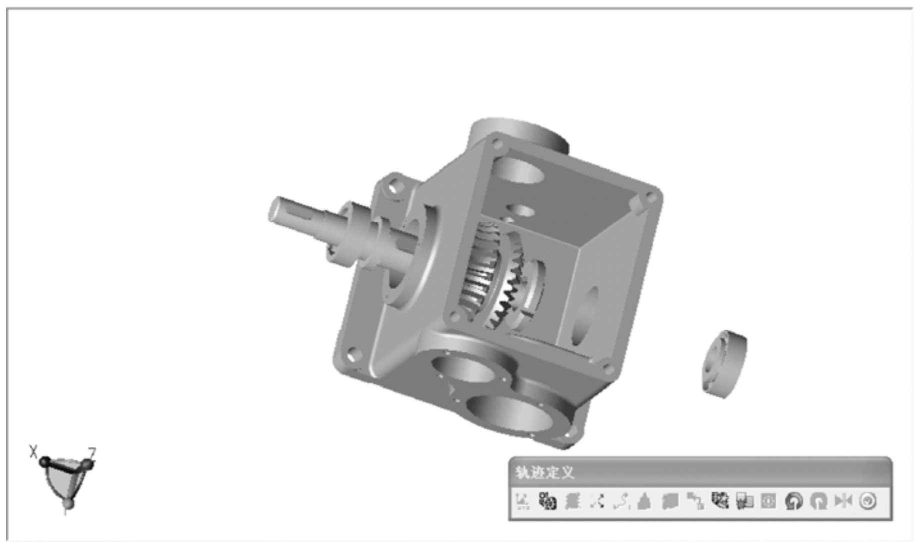



图 3-30　蜗轮轴、左端轴承及 2 个平键向箱体外移动一段距离

（4）定义螺母 M20 的运动

选择“螺母 M20”，如图 3-31 所示。图中可发现定位夹的 *X* 坐标轴、*Y* 坐标轴方位与罗盘的方位不一致，如果直接沿 *X* 坐标轴、*Y* 坐标轴拖动定位夹，螺母会与箱壁干涉，所以需要调整定位夹。

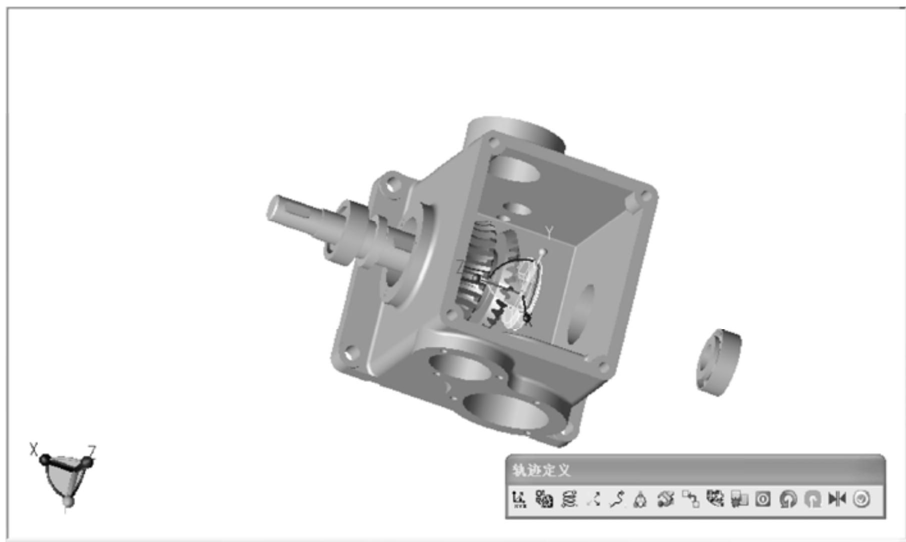



图 3-31　选择螺母 M20

单击【轨迹定义】工具条中的按钮，然后选择 *Y* 轴，*Y* 轴加亮显示，将鼠标移动到箱体四周某一棱边上，拾取的棱边变为红色，如图 3-32 所示，单击鼠标左键，定位夹 *Y* 轴方向调整到与棱边方向一致，再次单击【轨迹定义】工具条中的按钮完成定位夹的定位，如图 3-33 所示。

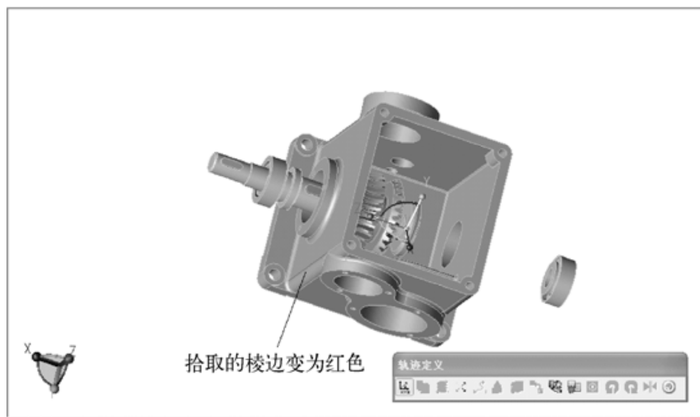



图 3-32　拾取棱边

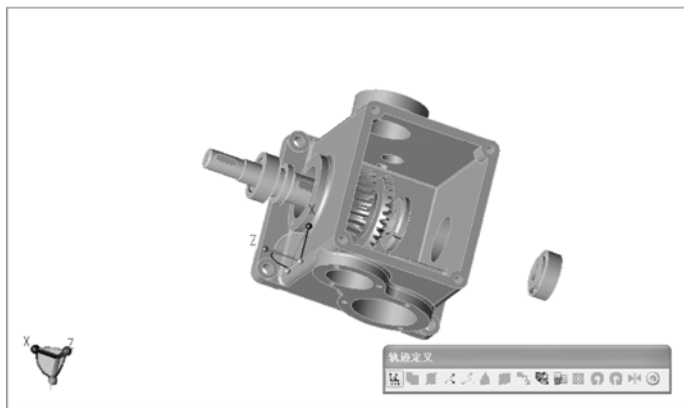



图 3-33　*Y* 轴调整到与拾取的棱边方向一致

拖动定位夹沿 *Z* 轴反方向移动，移到蜗轮轴与箱体的空隙，然后沿 *Y* 轴反方向移动，移出箱体外，再沿 *Z* 轴反方向移动到合适位置，如图 3-34 所示。

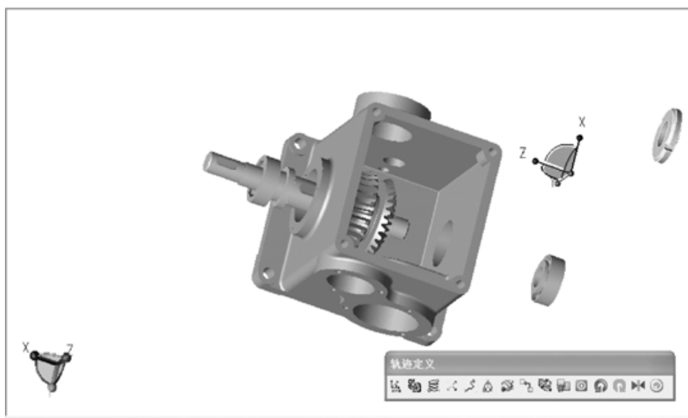



图 3-34　定义螺母 20 的运动

（5）定义垫圈 20 的运动

选择“垫圈 20”，其定位夹的方位与选择“螺母 20”时相同，所以也要调整定位夹方

位，然后定义其运动，拆卸后的效果如图 3-35 所示。

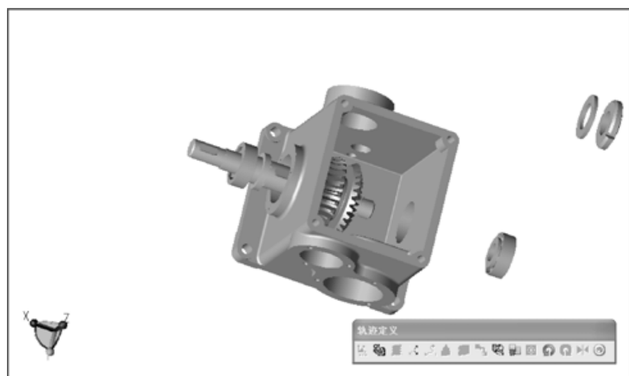



图 3-35　定义垫圈 20 的运动

（6）定义锥齿轮的运动

选择“锥齿轮”，定位夹方位正常，直接定义其直线运动，锥齿轮拆卸后的效果如图 3-36 所示。

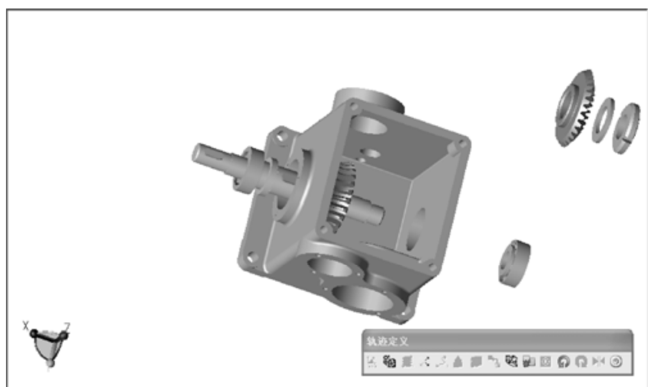



图 3-36　定义锥齿轮的运动

（7）定义挡圈的运动

挡圈拆卸后的效果如图 3-37 所示。

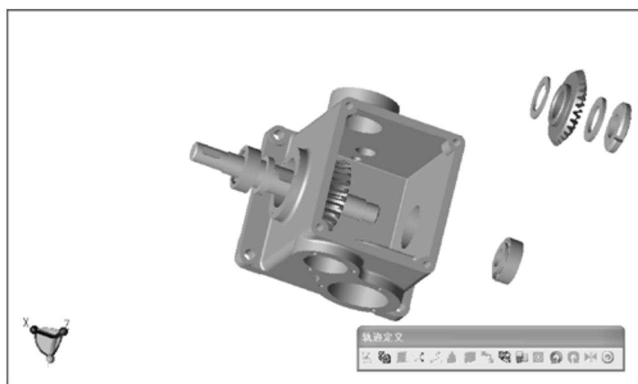



图 3-37　定义挡圈的运动

（8）定义蜗轮的运动

蜗轮拆卸后的效果如图 3-38 所示。

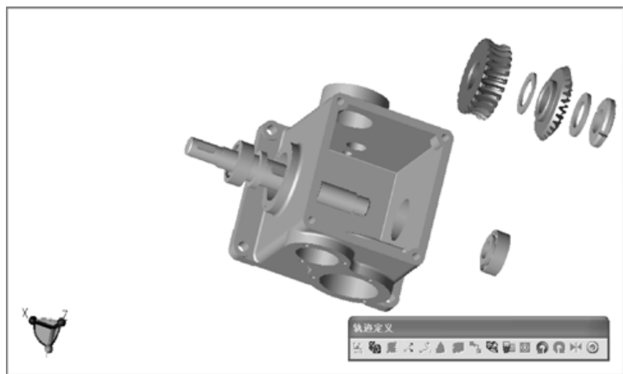



图 3-38　定义蜗轮的运动

（9）定义蜗轮轴、左端轴承及 2 个平键的运动

选择蜗轮轴及左端轴承、平键 26×5、平键 16×5，移到箱体外，如图 3-39 所示。

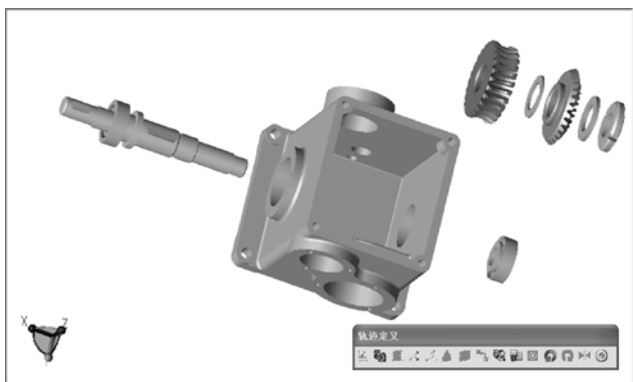



图 3-39　定义蜗轮轴、左端轴承及平键 26×5、平键 16×5 的运动

（10）定义平键 26×5 的运动

选择“平键 26×5”，沿 Z 轴方向移动到合适位置，如图 3-40 所示。

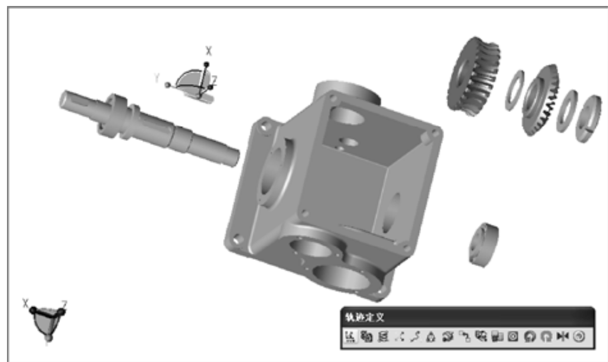



图 3-40　定义平键 26×5 的运动

（11）定义平键 16×5 的运动

选择“平键 16×5”，沿 Z 轴方向移动到合适位置，如图 3-41 所示。

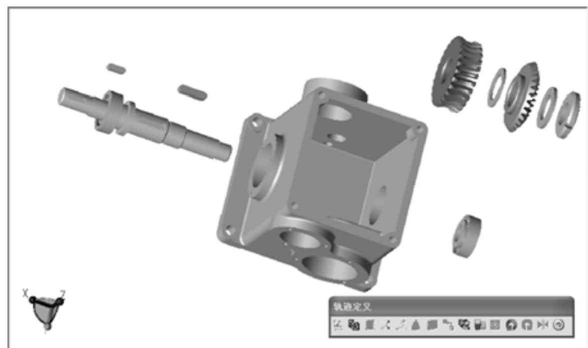


图 3-41　定义平键 16×5 的运动

（12）定义左端轴承的运动

左端轴承拆卸后的效果如图 3-42 所示。

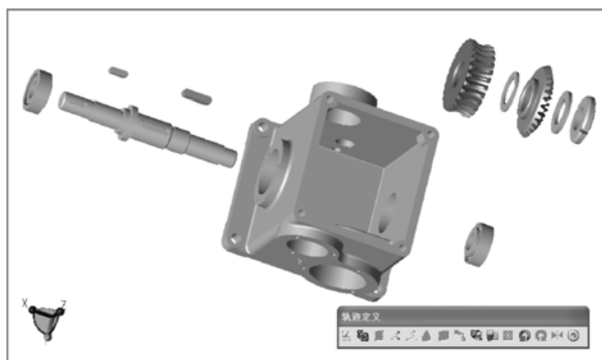


图 3-42　定义左端轴承的运动

（13）定义蜗轮轴的运动

选择“蜗轮轴”，沿轴向方向移动一小段距离，单击【轨迹定义】工具条上的按钮结束定义，如图 3-43 所示。

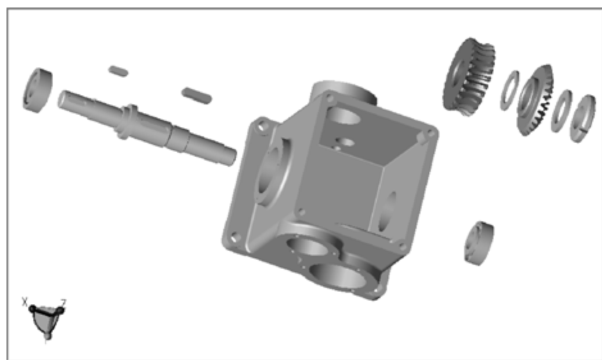


图 3-43　定义蜗轮轴的运动

（14）对工序“安装蜗轮”进行装配仿真

选择“安装蜗轮”节点，单击【操作】工具栏中【装配仿真】按钮，进行单步骤装配仿真，可以看到本道工序所有零件的安装过程。

（15）记录观察方位

在装配仿真时，为了以最佳视角观察某道工序的装配过程，可以在定义活动时设置记录观察方位，这样在仿真播放时可以准确地切换到这个方位。

① 在装配结构树中，选择步骤节点或活动节点。

② 通过罗盘调整好方位，选择右键菜单中的【记录观察方位】命令，或单击【操作】工具栏中【工艺过程】/记录观察方位按钮，节点图标由变成。

本样例中在定义工序“安装蜗轮”装配过程时，按图 3-22 所示调整好方位后，在步骤上记录观察方位。当模型为其他方位时，选择节点“安装蜗轮”，则会显示记录的方位。

### 3.2.2 定义工序“安装蜗杆”的装配活动

将模型调整到图 3-44 所示方位，并在步骤节点上记录此观察方位。首先拆卸平键 12×4、右端轴承，然后拆卸左端轴承、蜗杆。



图 3-44　调整模型方位

（1）定义平键 12×4 的运动（直线运动）

选择“平键 12×4”，拆卸后的结果如图 3-45 所示。

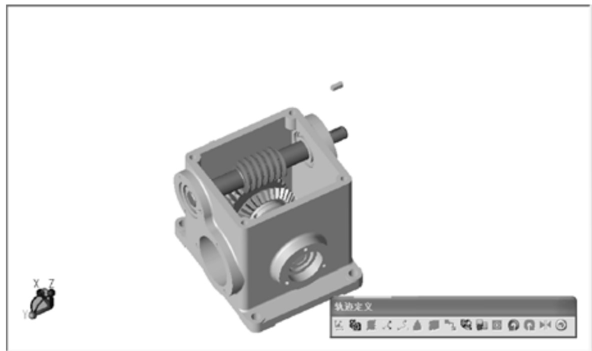


图 3-45　定义平键 12×4 的运动

（2）定义右端轴承的运动

选择右端轴承，向箱体外移动到合适位置，如图 3-46 所示。

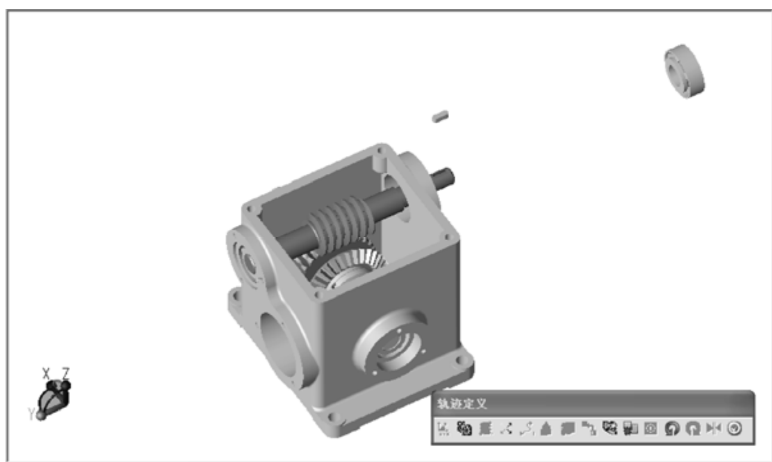



图 3-46　定义右端轴承的运动

（3）定义左端轴承的运动

选择左端轴承，向箱体外移动到合适位置，如图 3-47 所示。

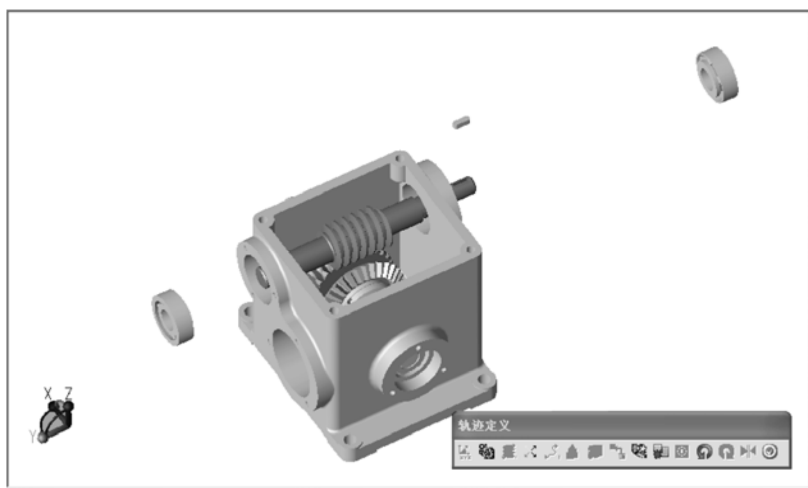



图 3-47　定义左端轴承的运动

（4）定义蜗杆、蜗轮的啮合运动（蜗杆直线运动+蜗轮旋转运动）

蜗杆在安装过程中，会与蜗轮作啮合运动，所以需要定义蜗杆的直线运动和蜗轮的旋转运动。定义时分别定义这两个运动，然后通过调整活动顺序将这两个运动调整到同时开始和结束，就能很好地展示蜗轮、蜗杆的啮合运动。

① 定义“蜗杆”的直线运动。选择“蜗杆”，沿轴向向箱体外移动到合适位置，如图 3-48 所示。

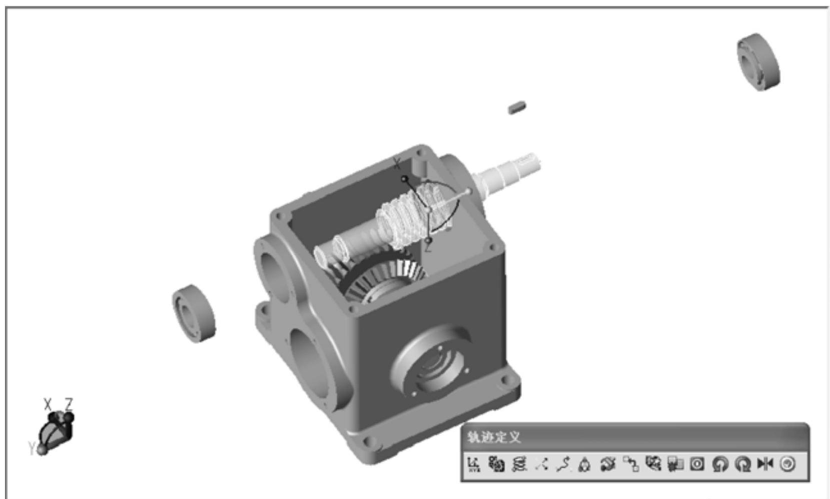



图 3-48　定义蜗杆的直线运动

② 在“安装蜗杆”工序的装配对象中需要增加“蜗轮”。选择工序“安装蜗杆”，选择右键菜单中的【添加/删除装配对象】命令，在【添加/删除装配对象】对话框中右上角【仅显示未装配对象】复选框默认为选中状态，如果要添加合件中的零部件，需要将此勾选取消，【可选对象】中会显示合件及所有零部件，选择“蜗轮”添加到【装配对象】中即可，如图 3-49 所示。




图 3-49　添加“蜗轮”到工序“安装蜗杆”中

③ 定义“蜗轮”的旋转运动。选择“蜗轮”，移动光标到定位夹一坐标面的弧线上，这里是 *Y*、*Z* 轴间的弧线，弧线加亮显示，按下鼠标左键不放，沿着弧线向顺时针方向转动，“蜗轮”随定位夹一起做旋转运动，旋转到合适的位置后释放鼠标左键，如图 3-50 所示。

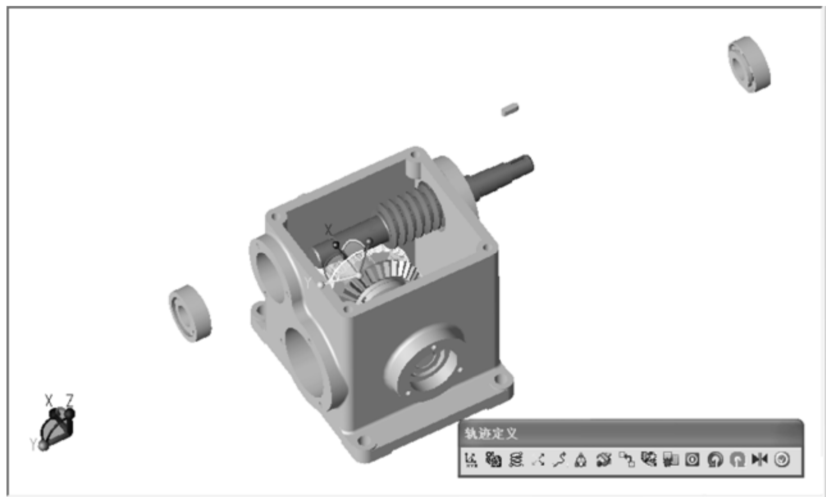



图 3-50　定义蜗轮的旋转运动

④ 定义“蜗杆”的直线运动，如图 3-51 所示。

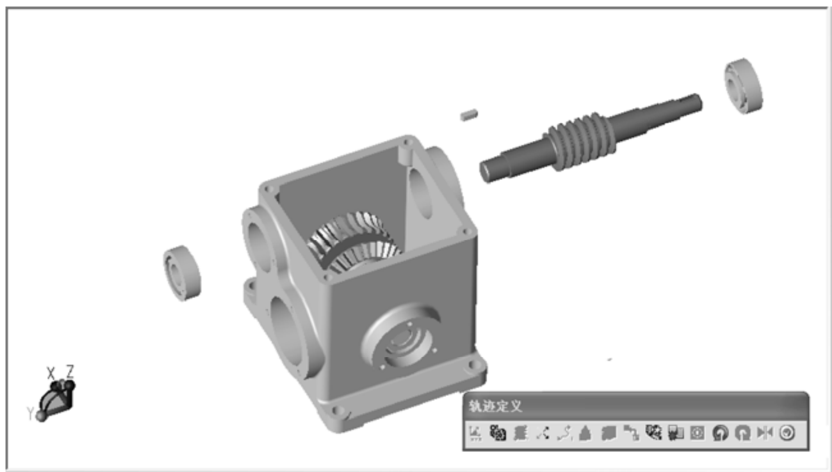



图 3-51　定义蜗杆的直线运动

⑤ 定义蜗轮旋转一小段弧度，定义完后，单击【轨迹定义】工具条上的按钮结束定义。对于定义的活动，可以在属性区修改活动的运动时间，如图 3-52 所示，修改最后一个活动的运动时间改为 0.001。

⑥ 下一步需要进行装配时序调整，将蜗轮、蜗杆啮合运动中蜗杆的直线运动和蜗轮的旋转运动调整到同时开始和结束。

选择工序“安装蜗杆”，选择右键菜单中的【调整活动顺序…】命令，弹出图 3-53 所示的对话框。左边列表区以数据表示活动节点的播放时间和顺序，“长度”“开始”“结束”三栏分别代表播放活动的总时间、开始时间和结束时间。修改时遵循“长度=结束−开始”的原则，且保持一栏为固定栏。右边甘特图区用矩形框及其之间的连接关系形象直观地显示活动节点的播放时间和顺序。按钮和用来放大或缩小甘特图。

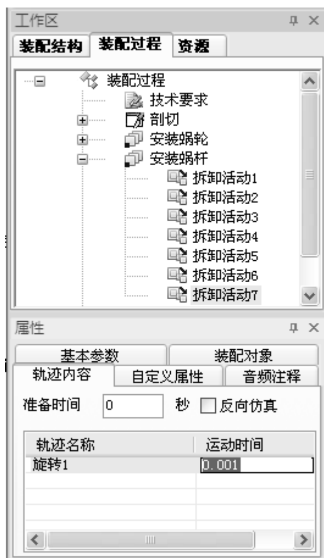



图 3-52 修改活动的运动时间

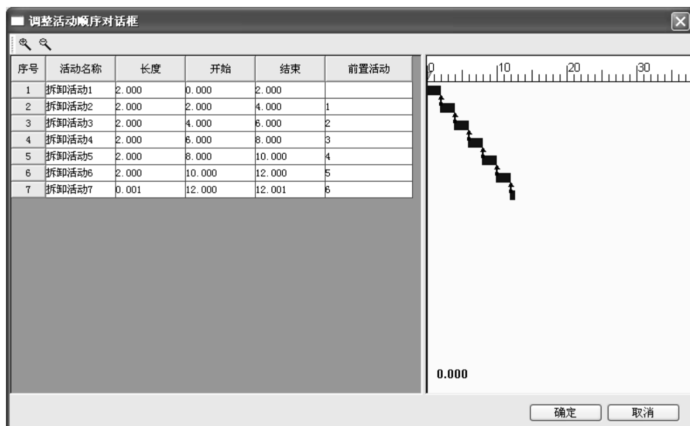



图 3-53 调整活动顺序对话框

蜗轮、蜗杆啮合运动中蜗杆的螺旋运动、蜗轮的旋转活动分别为拆卸活动 4、拆卸活动 5，双击拆卸活动 5 的前置活动栏，使之呈编辑状态，输入 3，表示与拆卸活动 4 同时开始；如果拆卸活动 4、拆卸活动 5 的长度栏一致则不需要修改，如果不一致，则双击拆卸活动 5 的长度栏，修改为与拆卸活动 4 相同的长度，调整活动顺序后的结果如图 3-54 所示。

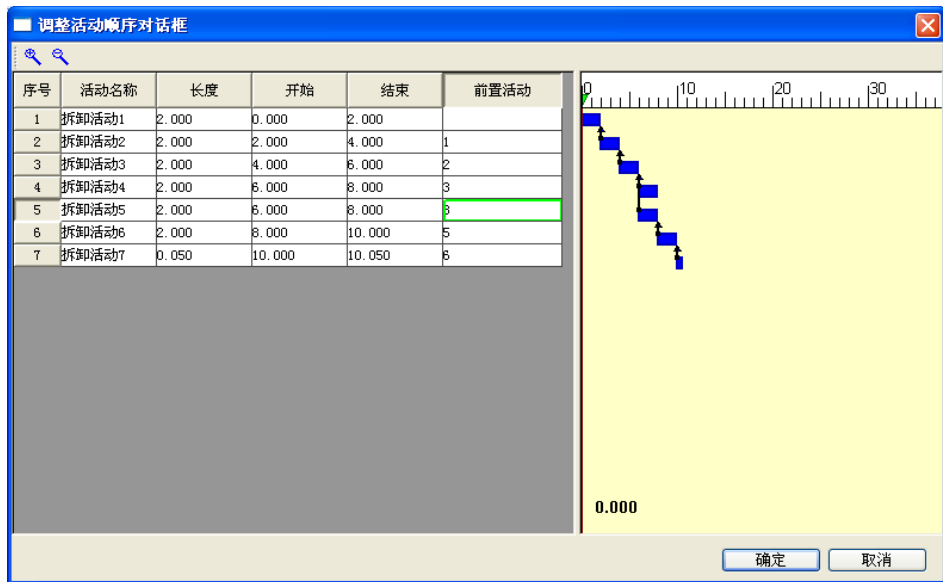



图 3-54 调整活动顺序后

⑦ 对工序“安装蜗杆”进行仿真播放，可以看到蜗杆、蜗轮的啮合运动。

### 3.2.3　定义工序“安装锥齿轮”的装配活动

将模型调整到图 3−55 所示方位，并在步骤节点上记录此观察方位。首先拆卸螺母 M8、垫圈 8、圆柱齿轮，然后拆卸平键 12×4，松开 3 个螺钉 M4×18，再将锥齿轮部件整体拆卸下来。

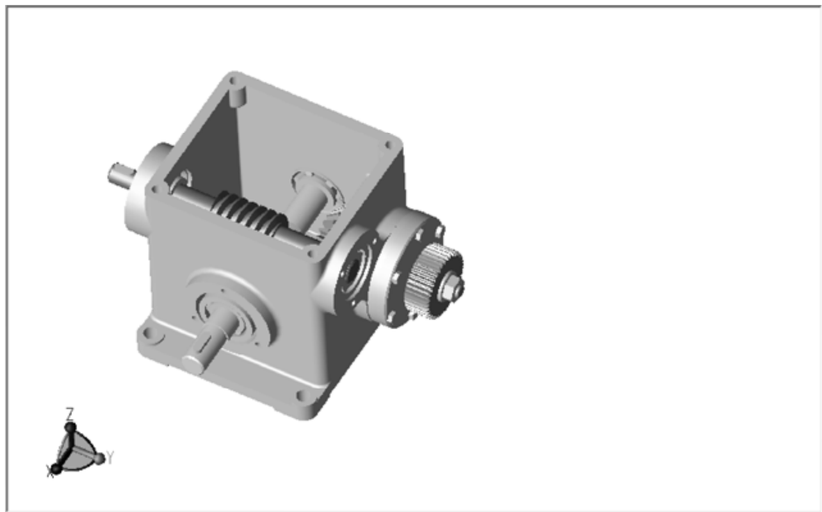


图 3−55　调整模型方位

（1）定义螺母 M8 的运动

选择“螺母 M8”，首先定义其螺旋运动，在【螺旋运动参数】对话框中输入“螺距”为 1.5，“圈数”为 4，选择轴向移动方向，确定后螺母 M8 旋出，然后定义其直线运动，如图 3−56 所示。

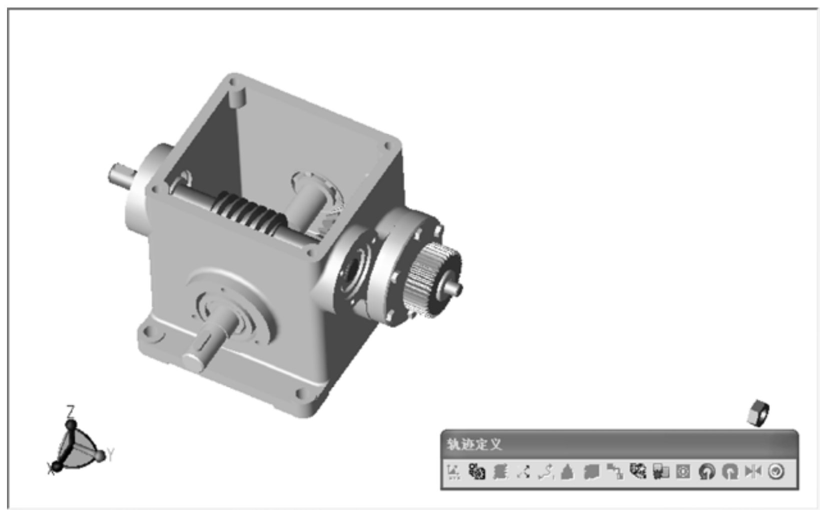



图 3−56　定义螺母 M8 的运动

（2）定义垫圈 8、圆柱齿轮、平键 12×4 的运动

依次定义垫圈 8、圆柱齿轮、平键 12×4 的运动，如图 3-57 所示。

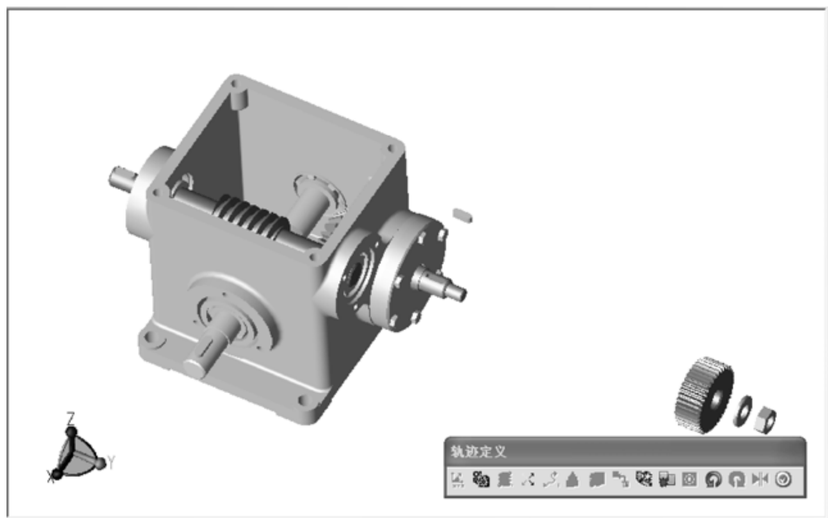



图 3-57　定义垫圈 M8、圆柱齿轮、平键 12×4 的运动

（3）定义 3 个螺钉 M4×18 的运动

选择 3 个“螺钉 M4×18”，首先定义其螺旋运动，在【螺旋运动参数】对话框中输入“螺距”为 1.5，“圈数”为 4，选择轴向移动方向，确定后螺钉旋出，然后定义其直线运动，如图 3-58 所示。

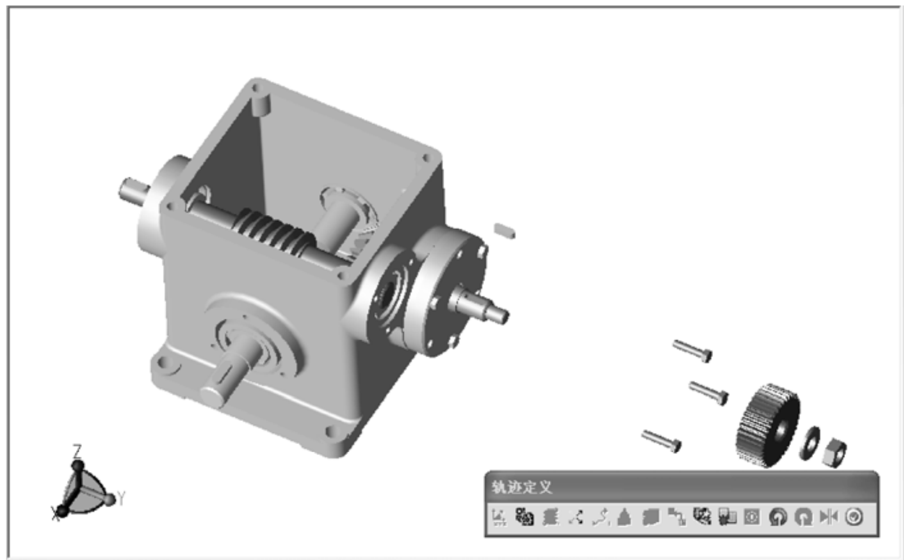



图 3-58　定义 3 个螺钉 M4×18 的运动

（4）定义锥齿轮部件的运动

锥齿轮部件作为一个整体向箱体外移动到合适距离，如图 3-59 所示。

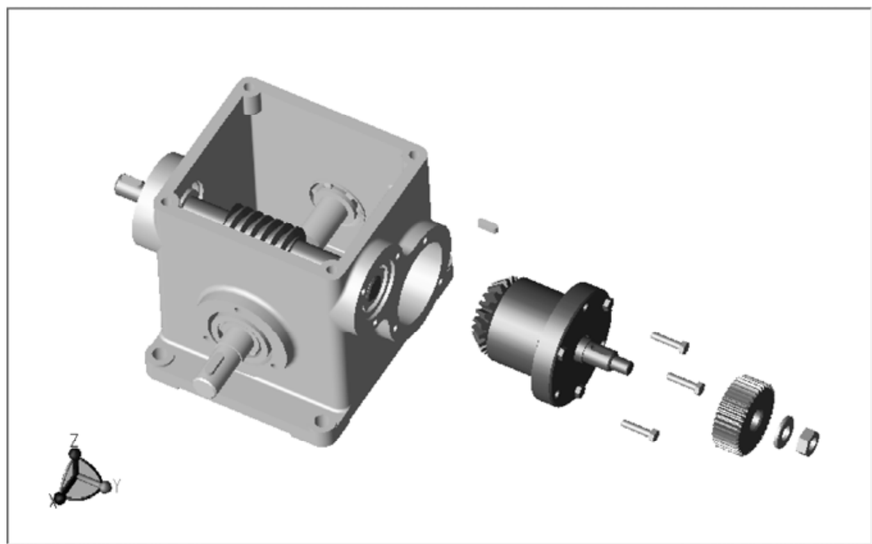



图 3-59　定义锥齿轮部件的运动

### 3.2.4　定义工序“安装箱盖”的装配活动

将模型调整到图 3-60 所示方位，并在步骤节点上记录此观察方位。首先拆卸手柄、4 个螺钉 M4×10、注油孔盖、4 个螺钉 M6×18、箱盖，然后拆卸轴承盖（缺角）及 3 个密封圈，旋转模型，再拆卸轴承盖（带孔）及 3 个密封圈。




图 3-60　调整模型方位

（1）定义手柄、4 个螺钉 M4×10、注油孔盖的运动

定义手柄的螺旋运动和直线运动、4 个螺钉 M4×10 的螺旋运动和直线运动、注油孔盖的直线运动，结果如图 3-61 所示。




图 3-61　定义手柄、4 个螺钉 M4×10、注油孔盖的运动

（2）定义 4 个螺钉 M6×18、箱盖的运动

定义 4 个螺钉 M6×18 的螺旋运动和直线运动、箱盖的直线运动，结果如图 3-62 所示。




图 3-62　定义 4 个螺钉 M6×18、箱盖的运动

（3）定义轴承盖（缺角）及 3 个密封圈的运动

定义轴承盖（缺角）及 3 个密封圈的直线运动，结果如图 3-63 所示。




图 3-63　定义轴承盖（缺角）及 3 个密封圈的运动

（4）定义轴承盖（带孔）及 3 个密封圈的运动

调整模型方位，定义轴承盖（带孔）及 3 个密封圈的直线运动，结果如图 3-64 所示。

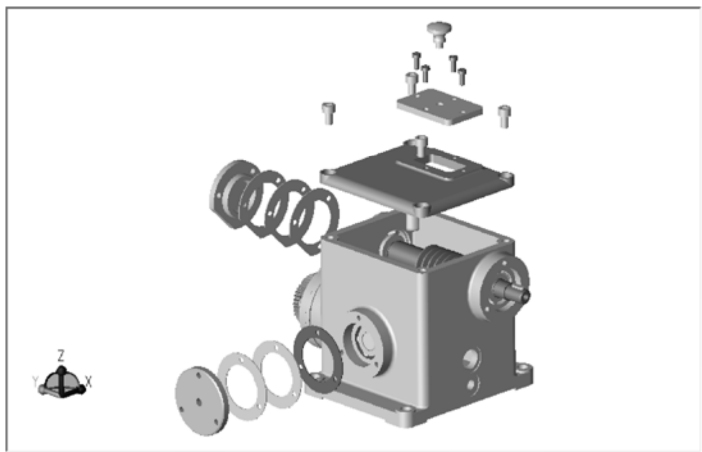


图 3-64　定义轴承盖（带孔）及 3 个密封圈的运动

（5）记录观察方位

按图 3-64 所示记录“拆卸活动 13”的观察方位。

前面定义的箱盖、轴承盖（缺角）等零件活动，需要换一个方位观察仿真效果，可单击“拆卸活动 9”，即轴承盖（缺角）的活动，将模型调整到图 3-63 所示方位后，记录该观察方位。对本步骤进行仿真播放，开始播放时是图 3-64 所示方位，播放到安装垫圈 35（缺角）时，会转换到图 3-63 所示方位。

（6）显示装配路径轨迹

一个拆卸活动可能包含多段运动轨迹，为了清晰地显示出各段轨迹，可以显示其装配路径轨迹。另一方面，显示出轨迹后，可以方便地对某一段轨迹重新定义。

选中活动节点，如工序“安装蜗杆”的“拆卸活动 4”，单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【装配路径轨迹】按钮，显示出本活动及之前活动中的所有轨迹，如图 3-65 所示。

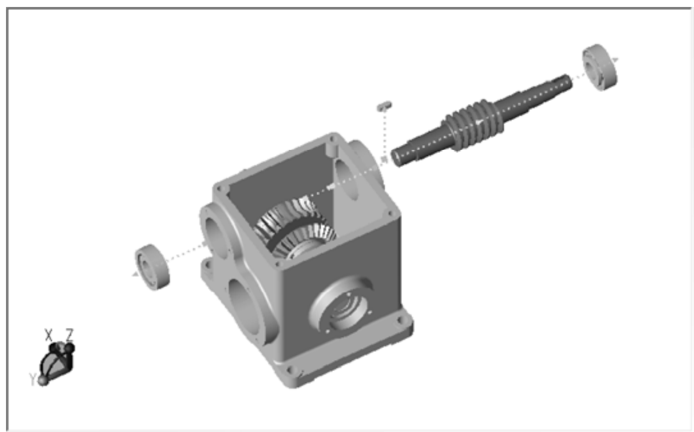


图 3-65　显示装配路径轨迹

选中某一轨迹（鼠标左键单击轨迹线），这里选择的是左端轴承的直线轨迹，轴承上显示出定位夹，可重新定义轨迹，如图 3–66 所示。

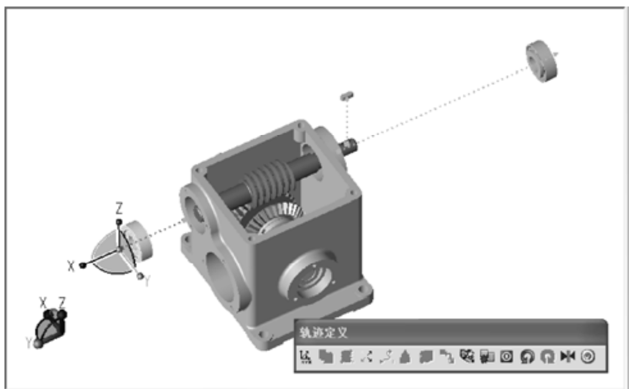



图 3–66　选择轨迹后，对应零部件上显示出定位夹

## 3.3　技术图解

在以往的装配工艺中，装配说明性文字是放在工序说明栏里面的。而在三维环境中，可以在仿真播放时随着零部件的装配过程，同时显示装配说明和注意事项等内容，以增强装配过程的描述，提高装配仿真的实用性。

技术图解功能集可实现多种类型的注释，包括各类标签、标记、文本、图像、序号标注、BOM 表格、尺寸测量和局部放大，这些注释显示的时机可以定义，既可以在整道工序中出现，也可以在安装某零件时出现。下面主要说明标签、文本、图像、序号标注、BOM 表格等功能。

### 3.3.1　标签

标签是用来标注零部件对象，对装配过程起到说明作用，标签通过锚点与被标注的零部件一起运动。标签分为普通标签、面积标签、体积标签、长度标签和坐标标签。【操作】工具栏中【技术图解】/【标签】的下拉菜单中有对应的命令，如图 3–67 所示。

1．标签

（1）单标签标注

可以标注安装的零部件，或对安装注意事项进行说明。

① 在装配过程树下选择要插入标签的步骤（或活动）节点，这里选择“安装蜗轮”下的“拆卸活动 1”节点。

② 选择图中的【标签】命令，出现一个【未定义标签】标签，锚点移动到锥齿轮轴，【标签】文本框内容自动变成零部件的名称，单击鼠标左键确定锚点位置，系统会弹出图 3–68 所示的【标签】对话框，可直接输入文字，或输入特殊符号，或通过开目企业资源管理器查询填写，或从外部 TXT 文件导入。




图 3-67　标签中的命令




图 3-68　【标签】对话框

② 确定后，【标签】文本框跟随鼠标左键移动，选择合适位置单击鼠标左键确定【标签】文本框的位置，可连续创建标签，直到按〈Esc〉键退出。图 3-69 所示为注明安装注意事项。

④ 选择“安装蜗轮”下的“拆卸活动 2”节点，进行标签标注，标注零部件名称，如图 3-70 所示。

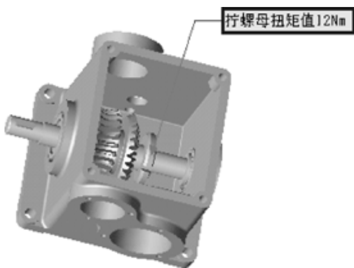



图 3-69　标注安装注意事项

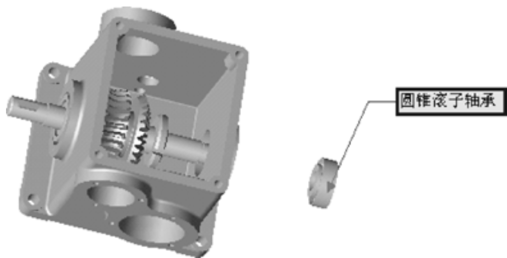



图 3-70　标注零部件名称

⑤“拆卸活动 1”“拆卸活动 2”节点下会出现“标签 1”节点，前面有复选框，为勾选状态，如果取消勾选，则对应标签不显示。

⑥ 双击【标签】文本框，出现【标签】对话框，用户可根据需要修改文本。

⑦ 在装配结构树上选中标签节点，按〈Del〉键可删除标签，或者在三维模型视图区中选中标签，按〈Del〉键删除。

（2）多引线标签标注

多引线标签标注是指一个标签可引出多个引线，指向多个零件。

① 选择“安装蜗轮”下的“拆卸活动 12”节点（拆卸左端轴承），对轴承进行标签标注。

② 在三维模型视图区中单击标签，使其高亮显示。

③ 按住键盘上的〈Ctrl〉键，然后鼠标左键单击引线任意处进行拖动，将引出标签上的第二条引线，将引线箭头指向蜗杆轴即可，修改标签中的文本，如图 3-71 所示。

### 2．面积标签

用于标注零部件上某个面的面积。选择图 3-67 中【面积】标签命令，锚点移动到零部件的某个面时，【标签】文本框显示的是所选面的面积。

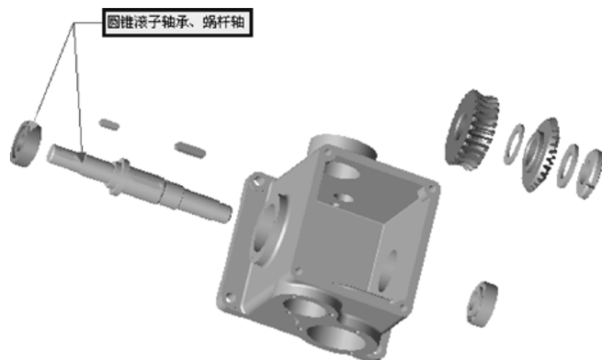



图 3-71　多引线标签标注

### 3. 体积标签

用于标注零部件的体积。选择图 3-67 中【体积】标签命令，锚点移动到零部件时，【标签】文本框显示的是所选零部件的体积。

### 4. 长度标签

用于标注零部件上某一边和某个圆弧的长度。选择图 3-67 中【长度】标签命令，锚点移动到零部件的某条直线和圆弧上时，【标签】文本框显示的是所选的直线或弧线的长度。

### 5. 坐标标签

用于标注零部件上特殊点的坐标值。选择图 3-67 中【坐标】标签命令，锚点移动到零部件的任意位置，【标签】文本框显示的是所选点的坐标值。

## 3.3.2　二维文本

如果需要在三维模型视图区中插入一些文字性说明，可通过插入二维文本功能实现。

① 在装配过程树下选择“安装蜗轮”节点。

② 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【二维文本】按钮，弹出【二维文本输入】对话框，如图 3-72 所示。可直接输入文字，或输入特殊符号，或通过开目企业资源管理器查询填写，或从外部文件导入。




图 3-72　【二维文本输入】对话框

③ 确定后，在三维模型视图中输入的文本会跟随鼠标左键移动，单击鼠标左键确定位置即可，如图 3-73 所示。

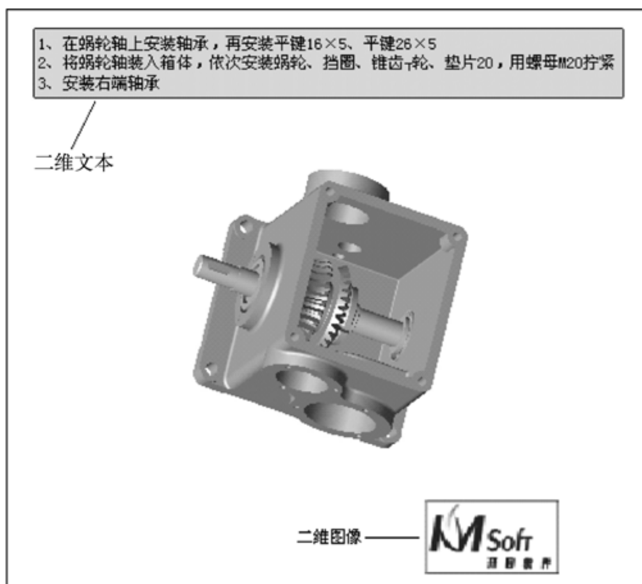



图 3-73　二维文本和二维图像

## 3.3.3　二维图像

如果需要在三维模型视图区中插入一些图片进行说明，可通过插入二维图像功能实现。

① 在装配过程树中选择“组装轴承盖”节点。

② 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【图像】按钮，在【打开文件】对话框中选择需要插入的图像。

③ 在三维模型视图区中选择放置图片的合适位置和大小：单击鼠标左键，拖动鼠标拉出一红色矩形框，红框大小即是要插入图片的显示大小。

④ 单击鼠标左键确定，图片插入三维模型视图区中，如图 3-73 所示右下角图像。

## 3.3.4　序号标注、BOM 表格

在装配步骤或活动中，如果需要在三维模型视图区中显示装入件明细表，可对零部件进行序号标注，然后生成 BOM 表格。下面将工序【安装蜗杆】的配套件进行序号标注，并生成装入件明细表。

① 在装配过程树下选择“安装蜗杆”节点。

② 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【序号标注】按钮，弹出图 3-74 所示【新建序号标注】对话框，可输入序号起始值、序号增量、序号前缀、序号后缀，这里按系统默认设置，单击【确定】按钮后，将显示序号①，锚点跟随鼠标左键移动，锚点指向左端轴承，单击鼠标左键，此时序号跟随鼠标左键移动，单击鼠标左键确定位置。接着显示序号②，选择蜗杆，完成序号②的标注，然后标注平键，标注完后按〈Esc〉键退出。

③ 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【BOM】按钮，系统自动生成二维表格，二维表格跟随鼠标左键移动，单击鼠标左键确定位置，如图 3-75 所示。

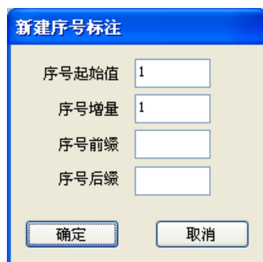



图 3-74 【新建序号标注】对话框

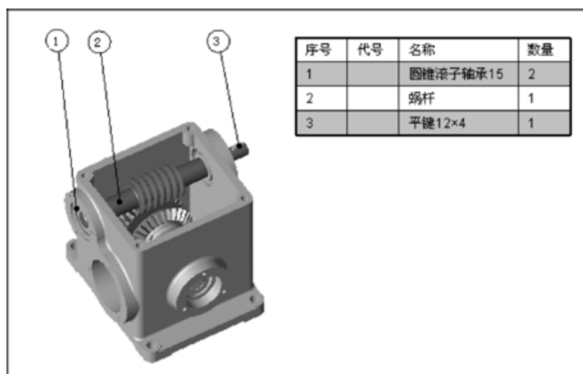



图 3-75 序号标注和 BOM 表格

④ 在装配过程树下选中某个“序号标注”节点，按〈Del〉键删除，系统会提示“是否删除相关的 BOM 项？”，选择“是”将删除该序号标注及 BOM 表格中对应的项；选择“否”则只删除该序号标注，不删除 BOM 表格中对应的项。

⑤ 在三维模型视图区中选中某个序号标注，按〈Del〉键删除，系统会提示“是否删除所选对象？”，选择“是”将删除该序号标注；选择“否”则不删除。

⑥ 如果在相同的步骤节点下添加序号标注，系统会提示“是否将零部件添加到 BOM 表格？”，选择“是”可创建该序号标注，并在 BOM 表格中加入对应的项；选择“否”则只创建该序号标注，不在 BOM 表格中加入对应的项。

系统还提供了“自动 BOM 表格”功能，可对零件自动进行序号标注并生成 BOM 表格，操作方法如下。

① 在装配过程树中选择“安装锥齿轮”节点。

② 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【自动 BOM】按钮，系统会提示“是否产生序号标注？”，选择“是”将自动创建所有序号标注，并生成 BOM 表格；选择“否”则不创建序号标注，只生成 BOM 表格。操作结果如图 3-76 所示。

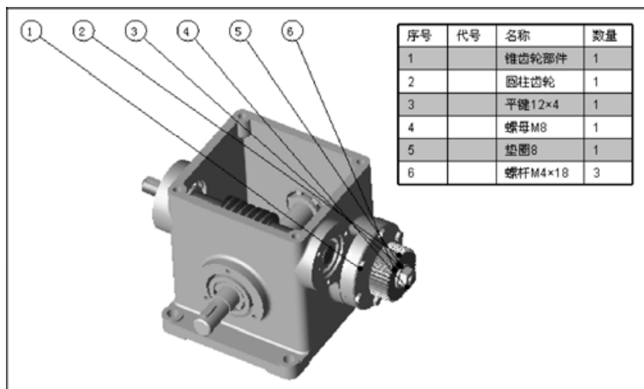



图 3-76 自动 BOM 表格

### 3.3.5　局部放大

如果模型较复杂，但既想看清全局又想看清某个局部的细节，可以使用局部放大功能。如在工序“安装锥齿轮”中，安装平键 12×4 时，希望看清平键的安装过程，可在此活动下创建局部放大功能。

① 在装配过程树中选择“安装锥齿轮”节点下的“拆卸活动 4”，单击【操作】工具栏中【技术图解】/【局部放大】按钮，系统在三维模型视图区右上角出现当前鼠标选中模型点的局部放大预览框。

② 选择锥齿轮轴上的键槽，确定局部放大锚点，局部放大框跟随鼠标左键移动，将局部放大框移动到合适位置后单击鼠标左键，局部放大效果如图 3-77 所示。

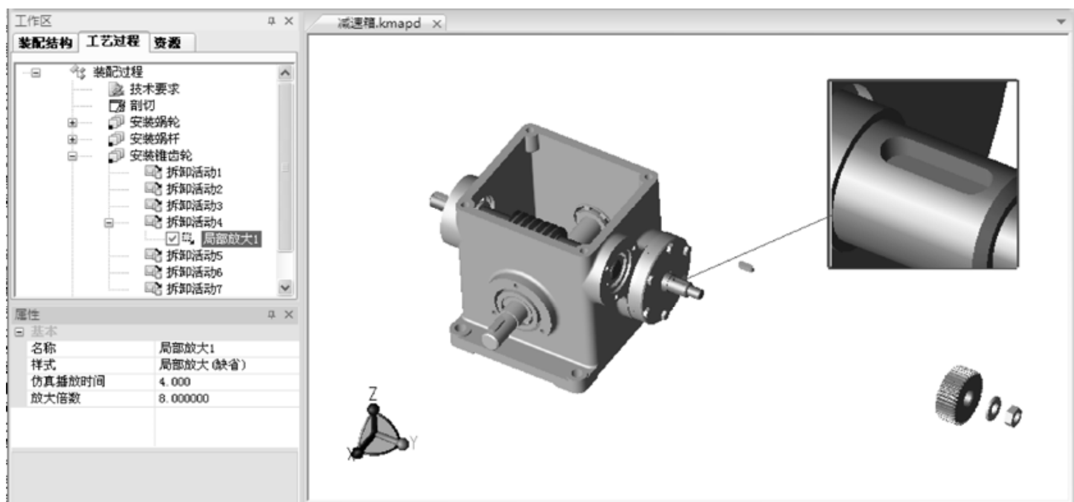



图 3-77　局部放大

③ 选择“拆卸活动 4”节点下的“局部放大 1”节点，或选择三维模型视图区中的局部放大框，在界面左下属性区中会显示放大倍数，系统默认为放大 8 倍，用户可以修改放大倍数。

④ 选中局部放大框，四周有红色标记线，选择某一标记线，拖动鼠标，局部放大框会放大或缩小。

⑥ 在进行仿真播放时，在局部放大框中能清晰地看到平键的安装过程。

## 3.4　工艺信息编辑

### 3.4.1　工序内容编辑

装配工序及路径规划完成后，用户可以在属性区输入工序内容和工步内容。

① 选中装配过程下的步骤节点，如选择“安装蜗轮”节点，在属性区中的【内容】文本框中可输入工序内容，如图 3-78 所示。

② 在输入工序内容时，可以调用特殊字符库里面的特殊符号：单击特殊字符按钮，弹出【特殊字符】对话框，如图 3-79 所示，选择某一特殊字符，确定后，特殊字符显示在工序内容中。在【特殊字符】对话框中可增加、修改、删除特殊字符。

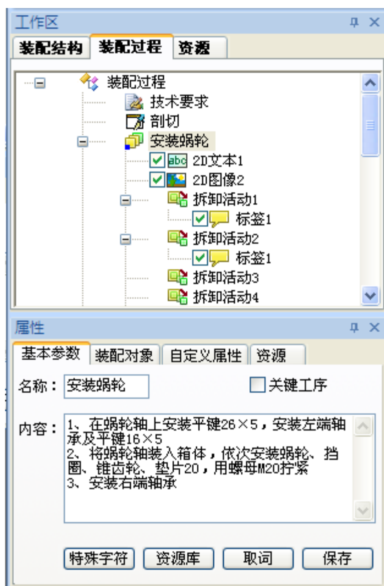



图 3-78　工序内容编辑

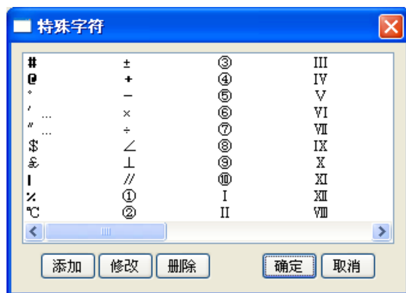



图 3-79　【特殊字符】对话框

③ 可以调用开目企业资源管理器中的内容填写：单击资源库按钮，弹出【开目工艺资源管理器】对话框，如图 3-80 所示，双击左边树上的节点或双击右边网格中的内容，节点名称或网格内容显示在工序内容编辑框中。

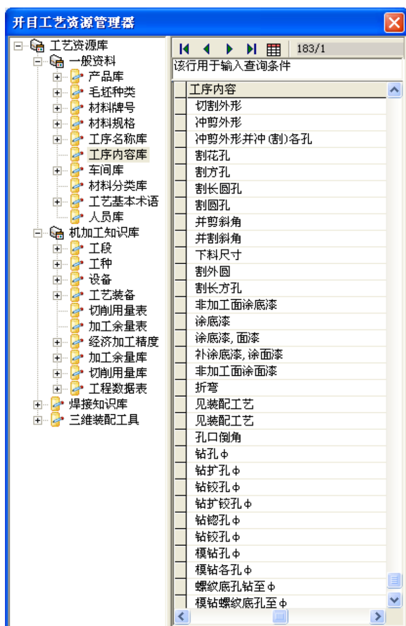



图 3-80　【开目工艺资源库管理器】对话框

④ 可以使用取词功能：单击取词按钮，鼠标变为手形，将鼠标移动到三维模型视图区中的文本内容上，双击鼠标会将文本内容添加到工序内容中；将鼠标移动到零部件上，会显示零部件名称，双击鼠标，将零部件名称添加到工序内容中。

⑤ 编辑完成后，单击保存按钮保存工序信息。

### 3.4.2　工步内容编辑

工步内容在活动节点的属性区中填写，方法同工序内容填写。

# 第 4 章

# 装配仿真及文件输出

装配工艺设计完成后，根据工作需要可以录制成 AVI 格式的视频文件，用于车间现场操作工位上的显示，以适应无纸生产的需要；可以发布为 PDF 文件，方便查看；可以发布为工艺卡片，进行打印输出。

## 4.1 仿真播放

在装配步骤定义过程中，可以随时进行运动轨迹播放，查看装配仿真效果。除了最常用的按步骤为单位播放装配或拆卸过程外，还可以按一个装配活动轨迹播放。可以设置循环播放。

在装配过程树下选择步骤“安装蜗轮”节点，单击【操作】工具栏中【装配仿真】标签页，显示图 4-1 所示的【播放】工具条，单击工具条上相应的播放按钮即可进行仿真播放。




图 4-1 【播放】工具条

- 单活动拆卸：播放指定活动的拆卸过程。
- 单步骤拆卸：播放指定步骤的拆卸过程。
- 连续拆卸播放：播放指定步骤（或活动）及前面步骤所有拆卸过程。
- 单活动装配：播放指定活动的装配过程。
- 单步骤装配：播放指定步骤的装配过程。
- 连续装配播放：播放指定步骤（或活动）及后面步骤所有装配过程。
- 循环播放（）：选择一种播放方式后再选择此按钮，会按选择的方式循环播放。

● 仿真播放速度调整：通过【播放】工具条下部的小滑块调整播放速度，向左调整速度加快，向右调整速度减慢。

● 在播放过程中，如果某个活动的速度过快或过慢则可以修改活动轨迹时间，如图 4-2 所示。

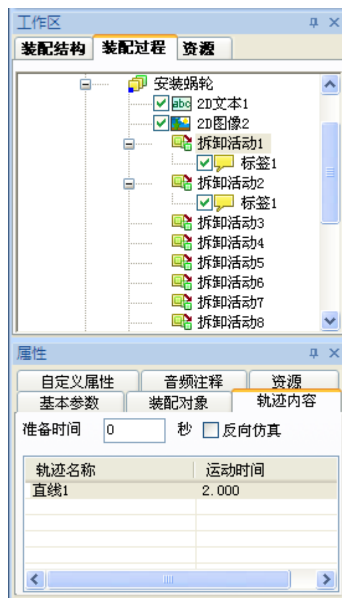



图 4-2　修改活动轨迹时间

## 4.2　AVI 输出

AVI 输出是将装配过程输出成 AVI 文件，可以整体输出为一个文件，也可以分步骤或活动生成多个文件。

① 单击【操作】工具栏中【开始】/【AVI】按钮，弹出图 4-3 所示【输出 AVI 文件】对话框。

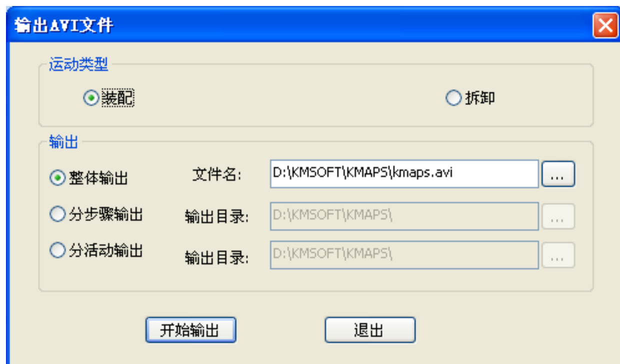



图 4-3　【输出 AVI 文件】对话框

② 选择运动类型：决定是按装配过程录像，还是按拆卸过程录像。

③ 选择输出方式："整体输出"是将仿真过程录制成一个 AVI 文件；"分步骤输出"是将装配过程中每个步骤保存为一个 AVI 文件；"分活动输出"是将装配过程中的每个活动保存为一个 AVI 文件。

④ 单击【开始输出】按钮后，开始录制 AVI 文件。

## 4.3 PDF 输出

3D PDF 输出是指将装配过程以卡片的形式输出成 PDF 文件，顺序为过程卡、工序卡。每道工序的安装效果显示在工序卡的工艺简图区中，可以进行仿真播放。

单击【操作】工具栏中【开始】/【PDF】按钮，弹出【保存文件】对话框，输入文件名，选择保存路径，单击【保存】按钮即可生成 PDF 文档。

## 4.4 工艺卡片输出设置

工艺卡片输出是指将 3DCAPP-A 中规划的装配工艺，在开目 CAPP 编辑工具中以卡片的形式显示出来，包括工序信息、工步信息及工艺简图。

### 4.4.1 工艺卡片配置

在开目 CAPP 编辑工具中，配置了工艺规程类型及配套的过程卡、工序卡，图 4-4 中显示的是"装配过程卡"配置示例。"装配过程卡"包含"公有单格组""私有单格组"及"滚动块"。"公有单格组"中配置的是工艺规程中所有卡片中公有的单格信息，如零件图号、零件名称等；"私有单格组"中配置的是各卡片私有的单格信息；"滚动块"即填写工艺信息的区域，块中包含一个或多个网格，示例中只包含工序号网格，网格中包含列（如工序号、工序名称、工序内容等）。一个网格中的列有联动关系，如在某列增加行，各列相同行的内容同时下移，在某列删除行，各列相同行的内容同时删除。

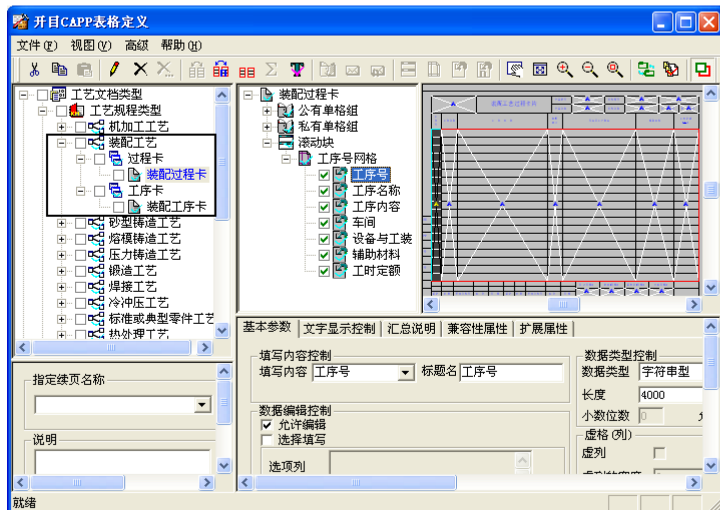



图 4-4 开目 CAPP 表格定义界面

3DCAPP-A 中装配工艺信息输出到何种工艺规程中，工序名称、工序内容等填入何种卡片中等需要事先定义好。用户可以在【选项】对话框的【工艺卡片配置】标签页中配置，如图 4-5 所示。

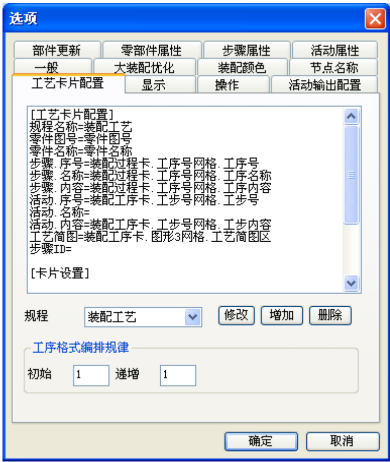



图 4-5　【工艺卡片配置】标签页

卡片配置信息如下。

```
[工艺卡片配置]
规程名称=装配工艺                              //配置输出卡片的工艺规程名称
零件图号=零件图号                              //固定配置
零件名称=零件名称                              //固定配置
步骤.序号=装配过程卡.工序号网格.工序号          //步骤序号输出到装配过程卡的“工序号”列
步骤.名称=装配过程卡.工序号网格.工序名称        //步骤名称输出到装配过程卡的“工序名称”列
步骤.内容=装配过程卡.工序号网格.工序内容        //步骤内容输出到装配过程卡的“工序内容”列
活动.序号=装配工序卡.工步号网格.工步号          //活动序号输出到装配工序卡的“工步号”列
活动.名称=                                      //活动名称不输出
活动.内容=装配工序卡.工步号网格.工步内容        //活动内容输出到装配工序卡的“工步内容”列
工艺简图=装配工序卡.图形 3 网格.工艺简图区      //工艺简图输出到装配工序卡的“工艺简图区”
步骤 ID=

[卡片设置]
卡片名称=装配过程卡
装配过程卡.前空行数=1                           //装配过程卡中工序间间隔 1 行

卡片名称=装配工序卡
装配工序卡.前空行数=1                           //装配工序卡中工步间间隔 1 行
```

步骤信息和活动信息输出到卡片中，需要配置工艺卡片名称、网格名称、列名称，中间通过“.”符号连接。

通过配置可将每道工序的配套件输出到过程卡中，与工序对应，也可以将配套件输出到工序卡中，还可将所有工序的配套件汇总后输出到指定卡片中。

示例中配置了一套卡片，需要配置第二套卡片时，可直接在图 4-5 所示中输入配置，完成后单击【增加】按钮，则在【规程】下拉列表框中会显示新的工艺规程，通过规程的下拉列表框进行切换。每选择一种规程，上面即会显示其对应的配置。

图中工序格式编排规律是指卡片中工序号的编排规律，如初始设置 10，递增设置 10，则在卡片中工序号按 10、20、30 的规律递增。

## 4.4.2 工艺卡片输出

装配工艺设计完成后，可保存为*.kmapd 文件或*.xml 文件。

在开目 CAPP 编辑工具中打开*.xml 文件，可进行工序内容和工步内容的编辑，系统为每道工序产生一张图片，自动插入工序卡的工艺简图区，以辅助工艺人员操作，如图 4-6 和图 4-7 所示。

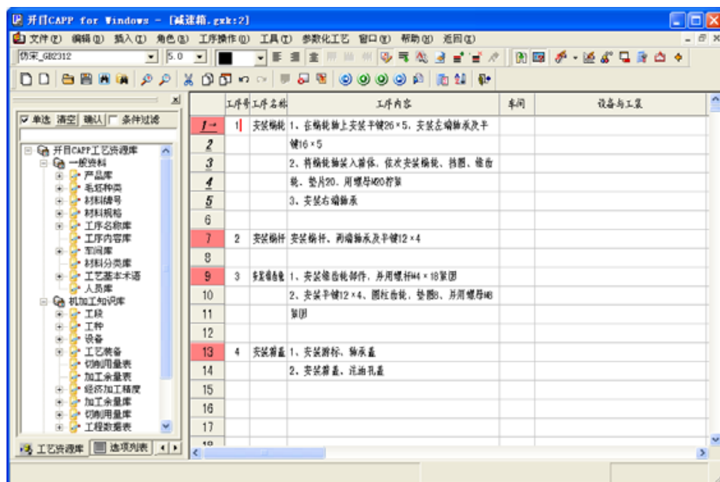


图 4-6 装配过程卡

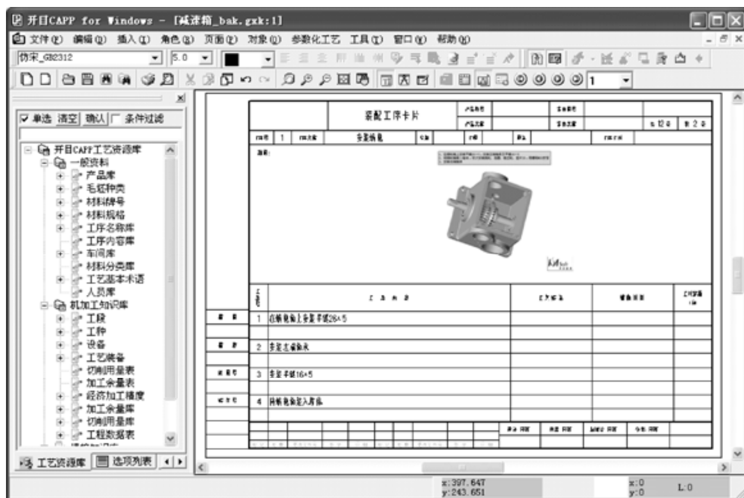


图 4-7 装配工序卡

## 4.5　导出装入件清单

可以将所有工序或某道工序的装入件（即配套件）清单导出成 Excel 表格，供用户使用。

导出所有工序装入件清单的操作方法如下。

① 选择“装配过程”根节点，选择右键菜单【导出所有装配步骤装入件清单】命令，弹出如图 4-8 所示对话框。




图 4-8 【输出装配步骤装入件清单】对话框

② 输出文件类型可以选择文本或者 Excel，这里选择 Excel。

③ 选择输出的内容，即输出的零部件属性，勾选表示输出此属性。通过右边的【上移】、【下移】按钮移动属性顺序，单击【输出】按钮弹出【保存文件】对话框，保存为 Excel 文件，每道工序的装入件清单分别在不同的工作簿中。

导出某道工序装入件清单是指导出指定工序的装入件清单，即选择某道工序节点，选择右键菜单【导出步骤装入件清单】命令，后续操作方法同上。

# 第 5 章

# 3DCAPP-A 系统高级功能

## 5.1 模型完善

在设计模型到工艺部门后，有些标准件（如螺钉、螺母等）设计模型中可能没有，用户可以通过“添加紧固件”功能在系统自带的标准件库中选择合适的紧固件添加到模型中。如果模型中缺少某些零部件，可以使用“添加零部件”功能将零部件添加到模型中，通过约束关系（如面面重合、共轴等）精确装配零件。

### 5.1.1 添加紧固件

在“减速机”模型中，“轴承盖（缺角）”和“轴承盖（带孔）”都缺少紧固的螺栓，如图 5-1 中“轴承盖（缺角）”，下面说明如何添加“轴承盖（缺角）”的紧固螺栓。

① 减速机模型导入后，选中装配结构树根节点，单击【操作】工具栏中【产品管理】/【添加紧固件】按钮，弹出图 5-2 所示的【选择标准件类型】对话框，紧固件有“不含螺母”和“含螺母”两种类型，此处选择“不含螺母”，单击【下一步】按钮。

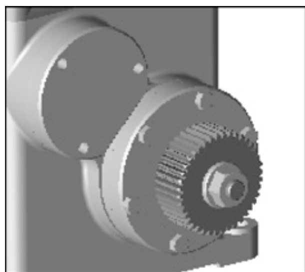


图 5-1 “轴承盖缺角”模型

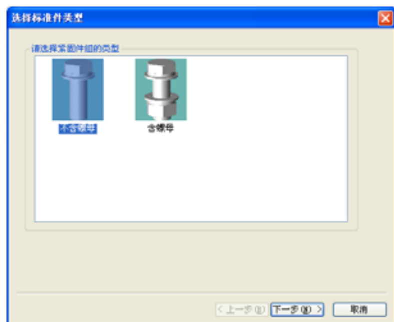



图 5-2 选择紧固件组的类型

② 弹出图 5-3 所示的【选择标准件类型】对话框，此处选择“粗牙六角螺栓”，“直径”选择 M4，“长度”选择 25，单击【下一步】按钮。

③ 弹出图 5-4 所示的【选择标准件类型】对话框，可选择垫圈数量，这里选择“无垫圈”，单击【下一步】按钮。




图 5-3 选择螺栓的类型




图 5-4 选择垫圈的类型

④ 此时螺栓跟随鼠标左键移动，如图 5-5 所示，选择放置螺栓的孔，孔加亮显示，单击鼠标左键确定位置，如图 5-6 所示。

⑤ 可选取另两个相同参数的孔继续添加，方法同前，添加完成后按〈Esc〉键退出。3 个螺栓添加完成后如图 5-7 所示。在装配结构树上会增加 3 个节点“粗牙六角螺栓_M4_25”。

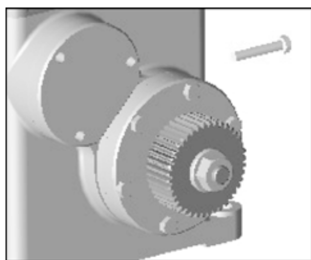


图 5-5 螺栓跟随鼠标左键移动

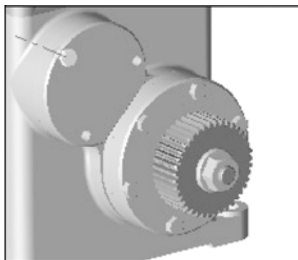


图 5-6 选择放置螺栓的孔

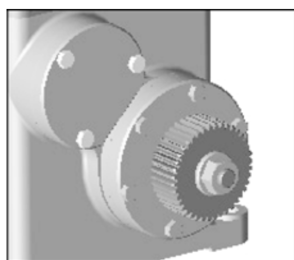


图 5-7 3 个螺栓添加完成

如果根据添加紧固件需要，在图 5-2 中选择的是“含螺母”，则在图 5-4 中选择垫圈类型后，会弹出【选择标准件类型】对话框来选择螺母，如图 5-8 所示，选择螺母后，系统自动匹配螺母大小，接着会弹出与图 5-4 相同的对话框，选择垫圈后，螺栓跟随鼠标左键移动，选择安装螺栓的孔，孔加亮显示，单击鼠标左键确定螺栓的位置，此时螺母和垫圈跟随鼠标左键移动，选择垫圈附着的面后面将加亮显示，单击鼠标左键确定垫圈的位置，紧固件定位完成。




图 5-8　选择六角螺母的类型

## 5.1.2　添加零部件

在装配结构树上选中某个节点，单击【操作】工具栏中【产品管理】/【添加零部件】按钮，或在右键菜单中选择【添加零部件】命令，在弹出的对话框中选择添加的零部件。

可选择的零部件类型包括 NX，Creo，CATIA，SolidWorks，Inventor ，Parasolid，IGES 和 STEP。“减速机”样例中无“油标”，需添加“油标”。选择零件“三维模型\油标\dipstick.prt”，如图 5-9 所示。

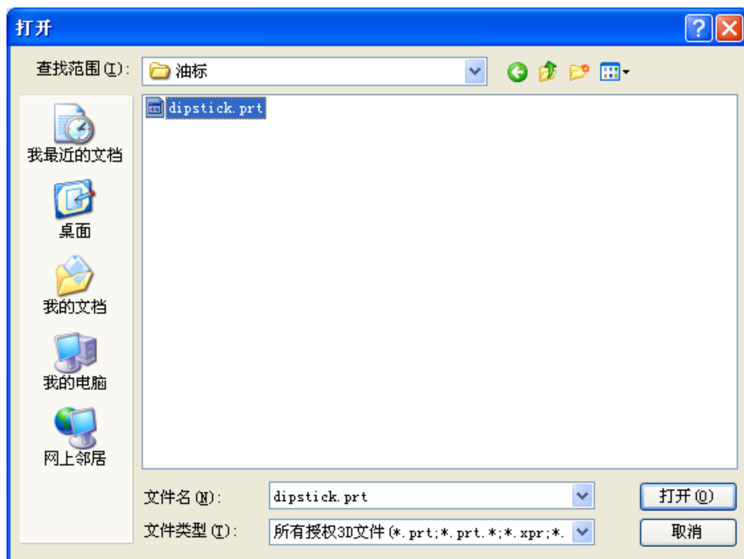



图 5-9　选择添加的零件

② 添加的零件跟随鼠标左键移动，此时可将模型旋转到图 5-10 所示方位，以方便约束对象和约束基准的选择，将零件移动到临时位置，单击鼠标左键，弹出【添加的零部件定位】对话框，可对添加的零部件进行定位。

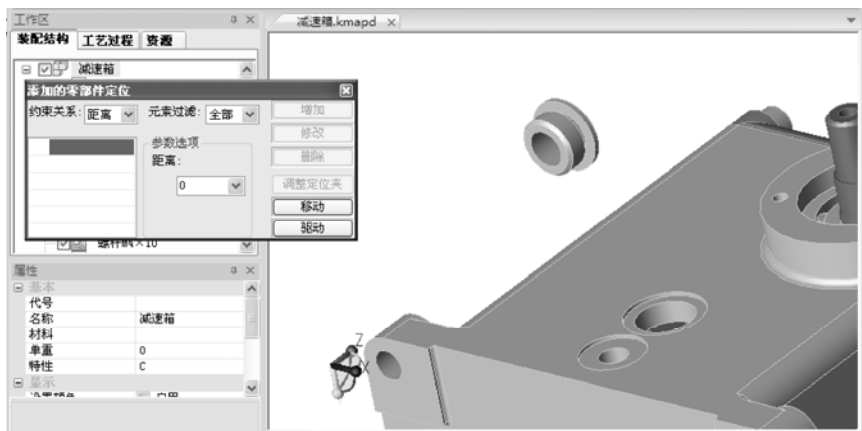



图 5-10　添加零件后对零件进行定位

a．建立约束关系：在【约束关系】下拉列表框中选择约束关系。

● 距离：使约束对象和约束基准之间呈指定的距离。
● 角度：使约束对象和约束基准在空间呈指定的角度。
● 重合：使约束对象和约束基准相互重合。
● 平行：使约束对象和约束基准在空间相互平行。
● 垂直：使约束对象和约束基准在空间相互垂直。
● 共轴：指圆柱面的轴线、圆锥的轴线、圆环的轴线、直线间两两相互重合。

b．选择元素过滤：在【元素过滤】下拉列表框中选择约束对象和约束基准，默认为“全部”。特征复杂时，可以特别指定某一类型（如点、线或面），以方便在三维模型视图中选择特征。

c．选择参数：在【参数选项】中选择对应参数。当约束关系为“重合”“平行”“共轴”时，【参数选项】显示的是对齐方式，默认对齐方式为最佳对齐。

● 同向对齐：表示约束对象及约束基准按相同方向对齐。
● 反向对齐：表示约束对象及约束基准按相反方向对齐。
● 最佳对齐：表示约束对象及约束基准按自动计算的最佳方式对齐。

d．选择约束对象与约束基准。

● 选择约束对象：移动光标到添加的零部件上，约束对象（点、线、面）加亮显示，单击鼠标左键。
● 选择约束基准：移动光标到产品上，约束基准点、线、面（约束基准所属的部件或装配需要先加载模型数据）加亮显示，单击选定的约束基准。

e．确定约束关系：单击【添加】按钮，建立的约束关系显示在列表框中。

f．单击【驱动】按钮，系统根据确定的约束关系将添加的零部件驱动到指定的位置。

g．重复 1）～6）确定所有的约束关系，也可以确定好所有的约束关系后一起驱动。

h．完成定位后，添加的零部件定位到正确位置，并且装配结构树中将显示添加的零部件名称节点。

本例中，定义了两种约束关系，即油标头的下表面与油标孔的沉孔表面重合、油标的轴线与油标孔的轴线共轴。因需要选择油标孔的内表面及沉孔表面，需要加载箱体的模型数

据，若未加载，则按以下方法加载：选择装配结构树上的【箱体】节点，在前面的复选框中打勾，或选择右键菜单中的【加载模型数据】命令，或在三维模型视图区中选择箱体，选择右键菜单中的【加载模型数据】命令。

③“约束关系”选择“重合”,“元素过滤”选择“面”，将鼠标移动到油标头的下表面，下表面加亮显示（见图 5-11），单击鼠标左键确定，然后将鼠标移动到油标孔的沉孔表面，沉孔表面加亮显示（见图 5-12），单击鼠标左键确定，在【添加的零部件定位】对话框中单击【添加】按钮，约束关系“重合”显示在列表框中。

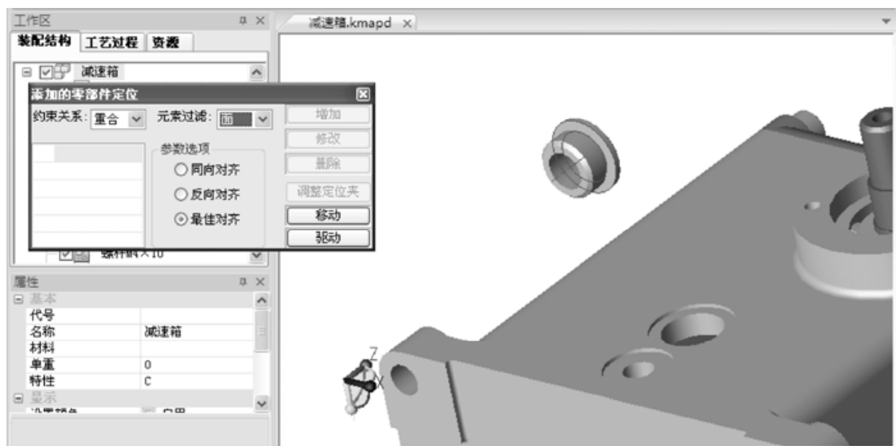



图 5-11　选择油标头的下表面

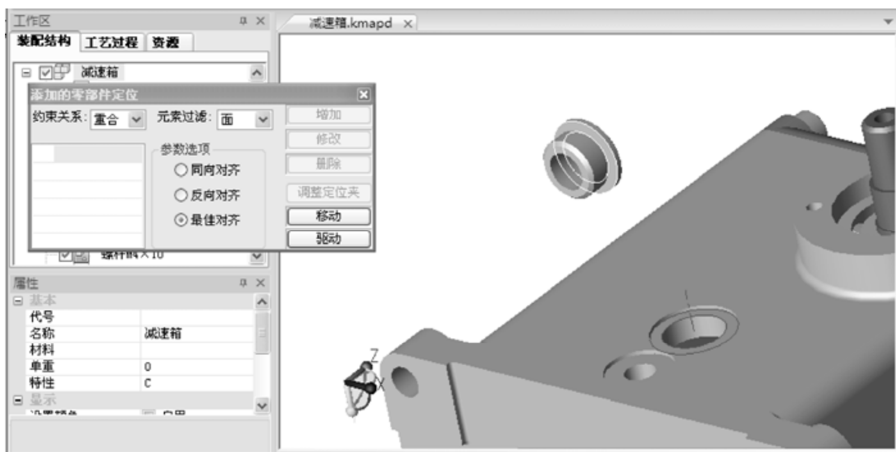



图 5-12　选择油标孔的沉孔表面

④“约束关系”选择“共轴”,“元素过滤”选择“面”，将鼠标移动到油标小端的外圆表面，外圆表面加亮显示并显示出轴线（见图 5-13），单击鼠标左键确定，然后将鼠标移动到油标孔的表面，油标孔的表面加亮显示并显示出轴线（见图 5-14），单击鼠标左键确定，同样在【添加的零部件定位】对话框中单击【添加】按钮，约束关系“共轴”显示在列表框中。单击【驱动】按钮，油标定位到油标孔的正确位置，如图 5-15 所示，并且装配结构树中显示添加的零部件节点名称。

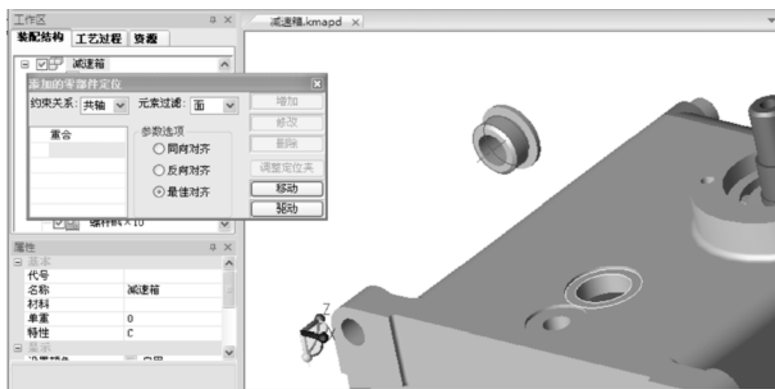



图 5-13　选择油标小端的外圆表面

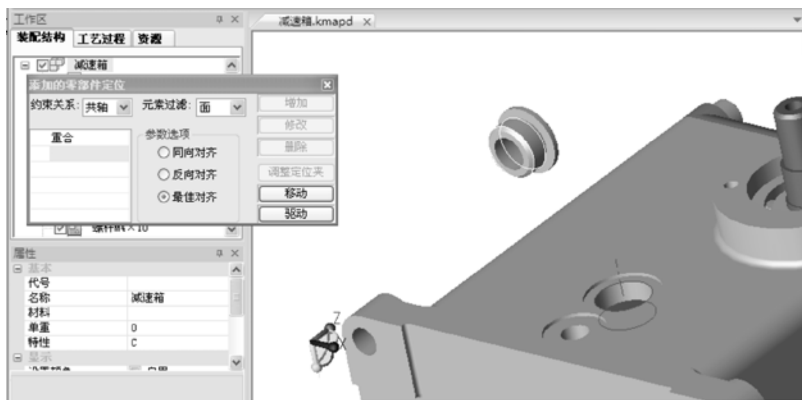



图 5-14　选择油标孔的表面

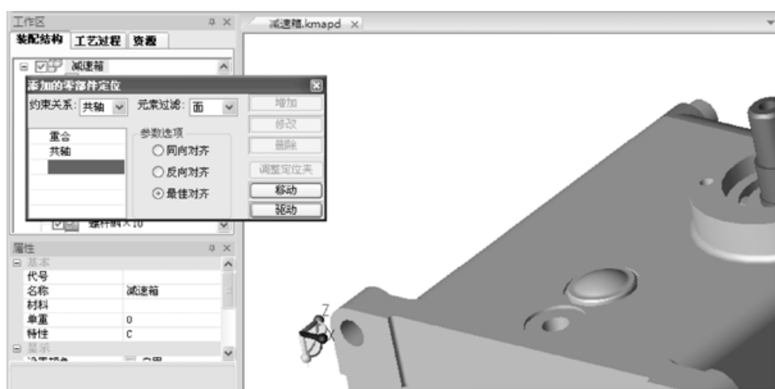



图 5-15　油标定位

将油标添加到“安装箱盖”步骤中，定义油标的直线运动，如图 5-16 所示。

“油标”的运动已定义完成。为了说明面内平动功能，下面重新定义“油标”的运动，先定义直线运动，再定义面内平动。面内平动即在指定的平面内运动，简称平动。

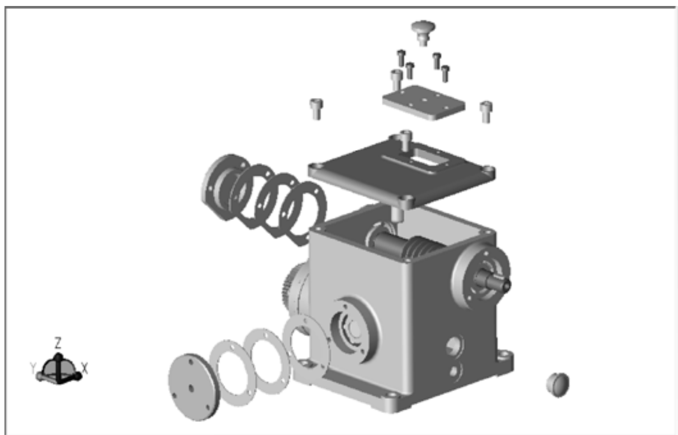



图 5-16　定义油标的直线运动轨迹

平动轨迹定义有如下两种方式。

1）拖动坐标面：移动光标到定位夹的指定坐标平面，坐标平面将加亮显示，按下鼠标左键不放移动鼠标，选定的零部件随定位夹一起沿着坐标平面移动，移动到合适的位置后释放鼠标左键。

2）输入数据：双击定位夹的指定坐标平面，在弹出的【输入数据】对话框中输入距离或角度值。

- 距离：输入数据，正数表示沿指定的角度方向移动输入的距离；负数表示指定的角度反方向移动输入的距离。
- 角度：可输入小数或“度/分/秒”形式（如 45° 12′ 30″）。

选择步骤“安装箱盖”的“拆卸活动 14”（油标的运动），选择右键菜单中的【重新定义轨迹】命令，出现定位夹，将油标沿 *Z* 轴方向拖动到合适位置，如图 5-17 所示，移动光标到定位夹的 *Y*、*Z* 轴所夹平面上，该平面将加亮显示，拖动定位夹移动到合适位置，油标面内平动的效果如图 5-18 所示。图 5-19 显示的是双击 *Y*、*Z* 轴所夹平面后弹出的文本框，输入距离和角度值，按〈Enter〉键后油标按照输入的数据移动。

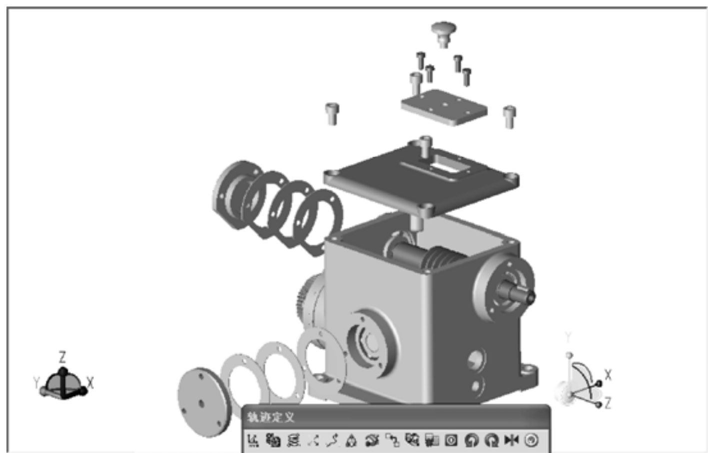



图 5-17　重新定义油标的直线运动

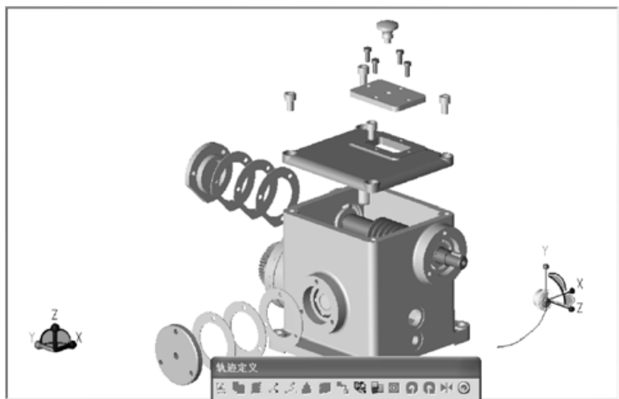


图 5-18　定义油标的平动运动

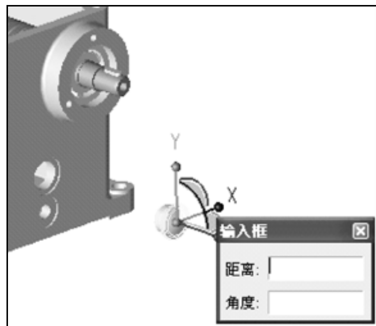



图 5-19　定义油标的平动运动时输入距离和角度值

### 5.1.3　添加零部件阵列

图 5-20 所示的阀盖和阀体通过 8 个螺柱连接，设计图样中无螺母，如果需要添加螺母，可以通过【添加零部件阵列】功能一次性完成添加。

① 在装配结构树上选中某个节点，单击【操作】工具栏中【产品管理】/【零部件阵列】按钮，选择螺母后，弹出图 5-21 所示的【批量添加零部件】对话框，输入零件个数，这里输入 8，单击【确定】按钮。

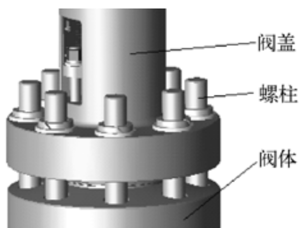



图 5-20　阀盖和阀体通过 8 个螺柱连接

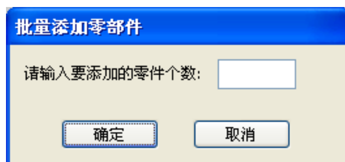



图 5-21　输入零件个数

② 状态栏提示“选择圆弧和平面”，这里选择阀盖下部端面的圆弧，如图 5-22 所示，圆弧加亮显示后单击鼠标左键确定，此时螺母跟随鼠标左键移动，如图 5-23 所示，将零件移动到临时位置，单击鼠标左键，弹出【添加的零部件定位】对话框，后续操作方法同添加单个零件，单个零件定位完成后，关闭【添加的零部件定位】对话框，系统自动阵列排列其余零件，添加零部件阵列后的效果如图 5-24 所示。



图 5-22　选择阀盖下部端面的圆弧

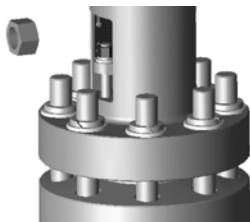


图 5-23　螺母跟随鼠标左键移动



图 5-24　添加零部件阵列后的效果

③ 如果在步骤①输入零件个数后，状态栏提示“选择圆弧和平面”，选择的是阀盖下部的端面，如图 5-25 所示，阀盖下部端面加亮显示后单击鼠标左键确定。接着状态栏提示“选择阵列的中心点”，鼠标仍移动到阀盖下部端面，系统会自动捕捉到面的中心点，如图 5-26 所示；单击鼠标左键，定位夹的原点自动定位到端面的中心点，如图 5-27 所示，按〈Enter〉键确定，此时螺母跟随鼠标左键移动，将零件移动到临时位置，单击鼠标左键，弹出【添加的零部件定位】对话框，后续操作方法同添加单个零件，单个零件定位完成后，关闭【添加的零部件定位】对话框，系统将自动阵列排列其余零件。



图 5-25 选择阀盖下部端面

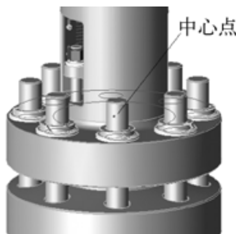



图 5-26 自动捕捉到面的中心点



图 5-27 定位到端面的中心点

## 5.2 结构转化

当产品结构比较复杂时，生成的产品结构树节点非常多，为了重新规划产品结构，需要将节点层次进行调整，这时可以使用鼠标拖动的方式调整节点层次。在进行装配工序规划时，用户除了要规划每道工序装配的零件外，还要规划每道工序使用的辅料和工具（工具无模型），输出工序的配套件时包括装配件和辅料、工具，这时就需要在装配结构树上添加辅料，用户可以通过“添加空零部件”的功能实现。有些装配体子装配的设计方案和工艺方案不一样，设计时为一个整体参与装配，但在实际装配时需要将其中部分或全部零件单独在装配体上安装（即先不在子装配体上安装），这种情况下，需要将这些零件从子装配中拆离，拆离的零件可以单独进行装配。

### 5.2.1 结构调整

在装配结构树上可以使用鼠标拖动的方式快速调整节点顺序。可以将子装配中的零件移动到产品根节点下，也可以将产品根节点下的零件移动到子装配中。

选择装配结构树上任意零部件节点，如“圆柱齿轮”，如果需要移动到“垫圈 8”节点下，选择“圆柱齿轮”节点后，按住鼠标左键拖动，出现一个灰色节点，如图 5-28 所示，将鼠标指向“垫圈 8”节点后松开左键，则“圆柱齿轮”节点将拖动到“垫圈 8”节点下。如果要拖到最后，则拖动时将鼠标指向结构树的最后一个节点，松开左键即可。

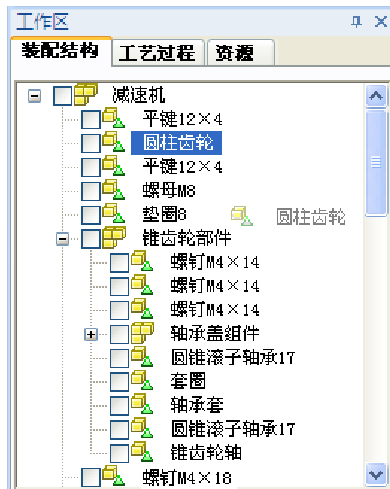



图 5-28 节点拖动时出现一个灰色节点

如果要将子装配中的零件移动到产品根节点下，可选择子装配中的零件，直接拖动到产品根节点的某零件节点下。

如果要将产品根节点下的零件移动到子装配中，则选择产品根节点下的零件后，按住〈Alt〉键，再拖动零件到子装配根节点下即可。

## 5.2.2　添加空零部件

选择装配结构树上的任意零件节点，选择右键菜单中的【添加空零部件】命令，弹出图 5-29 所示的对话框，输入新零部件名称、类型（包括“零件”“部件”），单击【确定】按钮后，在装配结构树的最后增加此零部件。如果选择的是装配结构树根节点，添加的新零部件将在一级子节点的最上面。如果选择的是部件节点，添加的新零部件为该部件的子零件。

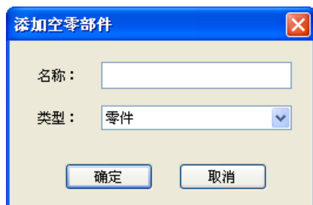



图 5-29　输入新零件名称

空零部件添加完成后，修改其代号、材料等属性（如修改为辅料），这样在规划工序和配套件时可以作为某道工序的配套件。

## 5.2.3　从子装配拆离零部件

将子装配中零部件拆离到产品根节点下，除了用鼠标直接拖动方法外，还可以通过“从子装配拆离零部件”的功能实现。

如图 5-30 所示，拆离的零部件为【零件 ABA】：将光标置于该节点上，选择右键菜单中的【从子装配拆离】命令，“零件 ABA”被拆离到产品根节点下，即与【部件 A】为同级节点。

以“减速机”为例，其中“锥齿轮部件”为子装配，如果要将子装配中的零件拆离出来，可选择此零件，如“轴承套”，如图 5-31 所示，选择右键菜单中的【从子装配拆离】命令，此零件被拆离到根节点上，在所有节点的最后，同时原子装配下对应节点的图标呈灰显状态，如图 5-32 所示。

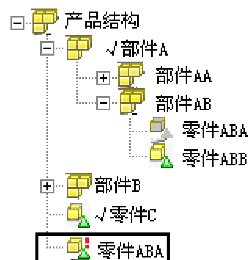



图 5-30　从子装配拆离

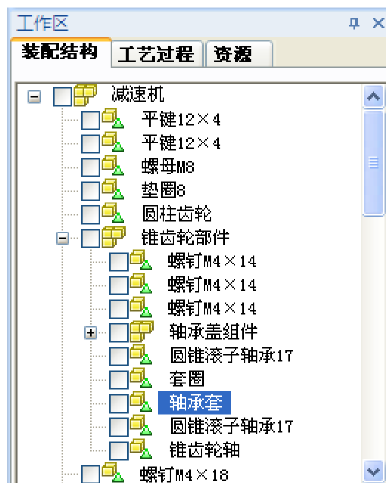



图 5-31　子装配中的零件

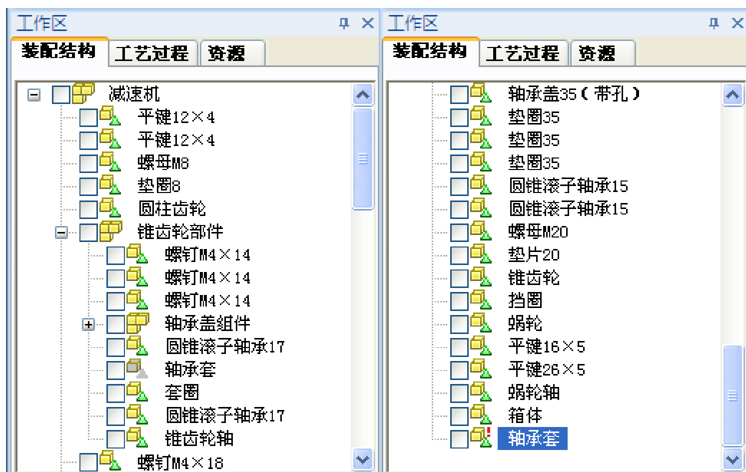



图 5-32　子装配中的零件拆离出来

## 5.2.4　恢复到拆离前的状态

从子装配拆离的零部件，如果没有被作为装配步骤的装配对象（节点图标上没有“√”标记），可以恢复到拆离前的状态。

操作方法为：选择根节点下的被拆离出的零部件节点“轴承套”，选择右键菜单中的【恢复到拆离前状态】命令，该零部件被恢复到拆离前的状态。同时删除根节点下创建的该零部件节点，恢复其在原子装配下对应的节点显示（从灰显状态到正常显示状态）。

## 5.2.5　完全拆散子装配

可以单独拆离子装配中的零件，也可以拆离整个子装配。

操作方法为：选择子装配节点“锥齿轮部件”，选择右键菜单中的【完全拆散子装配】命令，即可将子装配下的所有零部件拆离到结构树的根节点下，如图 5-33 所示。

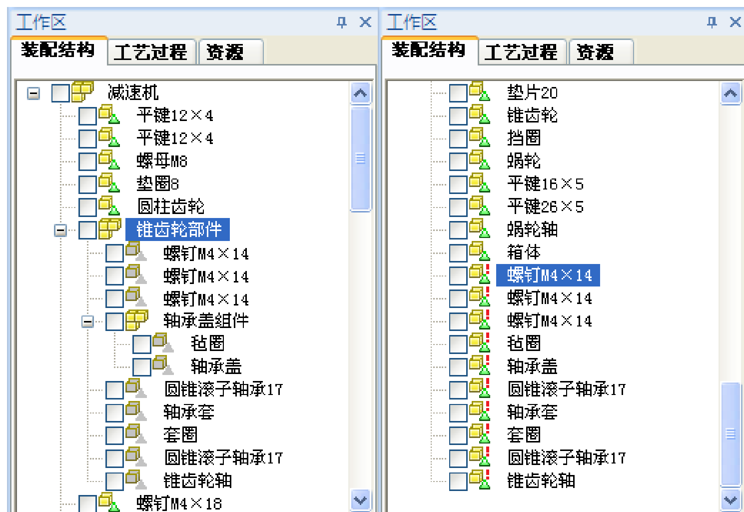



图 5-33　完全拆散子装配

新建工艺文件，导入减速机模型，将子装配“锥齿轮部件”完全拆散，保存文件为“减速机（子装配拆散）.kmapd”，规划 5 道工序，即安装蜗轮、安装蜗杆、组装锥齿轮、安装锥齿轮和安装箱盖。在“组装锥齿轮”步骤可以将“锥齿轮部件”中拆离的零件进行安装，然后在“安装锥齿轮”步骤安装到箱体中。参见“样例文件\工艺文件\减速机（子装配拆散）.kmapd”。

## 5.2.6　恢复被拆散部件

子装配被完全拆散或其下的部分子零部件被拆离后，可以一次全部恢复所有被拆离的子零部件。

操作方法为：选择被完全拆散或含有被拆离出去零部件的子装配节点（其下的所有子节点灰色显示），如“锥齿轮部件”，选择右键菜单中的【恢复被拆散部件】命令，系统查找所有从该子装配下拆离出去的没有被装配步骤引用的零部件，将其恢复到该子装配下对应的节点显示（从灰显状态到正常显示状态），同时删除根节点下为拆离零部件所创建的节点。

为了后面的功能介绍，此样例中将“锥齿轮部件”子装配完全拆散。

## 5.2.7　零部件分组

在装配仿真时，一组螺钉、螺母等可以同时装配，以减少仿真时间。在进行装配路径规划时，为了能方便地选择这些零件，可将同时装配的零件分成一个组，这样选择时更快、更方便，从而可以提高工作效率。

（1）创建组

在装配结构树上，选中需要加入组的零部件，如“螺钉 M4×10”，选择右键菜单中的【创建组】命令，则创建了“组 1”的节点，“螺钉 M4×10”被分配到此组下，可在属性区中修改组名，如修改为“4-螺钉 M4×18”。创建组的功能只对第一级子节点有效。

（2）添加入组

选择需要添加入组的零部件，如逐个选择另外 3 个“螺钉 M4×10”，选择右键菜单中的【添加入组】命令，弹出图 5-34 所示的【添加入组】对话框，选择要添加的组即可。示例中只有一个组，如果建了多个组，在对话框中会显示多个组，由用户选择要加入的组。在分配步骤中的配套件时，名称显示的是【4-螺钉 M4×10】，选择后 4 个螺钉会同时分配到此步骤中。

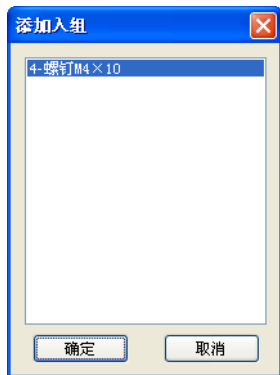



图 5-34　选择要添加的组

（3）从组中移除

选择组中的零部件，选择右键菜单中的【从组中移除】命令，则零部件从组中移除。

（4）分解组

分解组是指将组中零部件从组中移除并删除组名，即恢复到创建组前的状态。

选择需要分解的组，选择右键菜单中的【分解组】命令，则组节点消失，组下的零部件恢复到装配结构树的根节点下。

（5）删除组

删除组是指将组中零部件和组名全部删除。选择需要删除的组，选择右键菜单中的【删

除组】命令，系统会提示是否要删除选择的组内零部件，选择“是”则分组及分组下所有零件对象将被删除，选择“否”则退出删除组状态。

## 5.3 装配工序规划

### 5.3.1 工序流程图

工序流程图是指将划分好的工序通过流程图的形式显示出来，工序间包含关系用箭头表示。

打开“样例文件\工艺文件\减速机（子装配拆散）.kmapd”，在工作区切换到【装配过程】标签页，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【工序流程图】按钮，在三维模型视图区下方出现工序流程图显示区域，如图 5-35 所示，流程图方框代表每个装配步骤，箭头代表工序间包含关系，箭头指向的工序包含上个工序的合件。从图中可以看出，工序“安装蜗杆”、“组装锥齿轮”可以同步安装，安装完后一起进入【安装锥齿轮】工序。

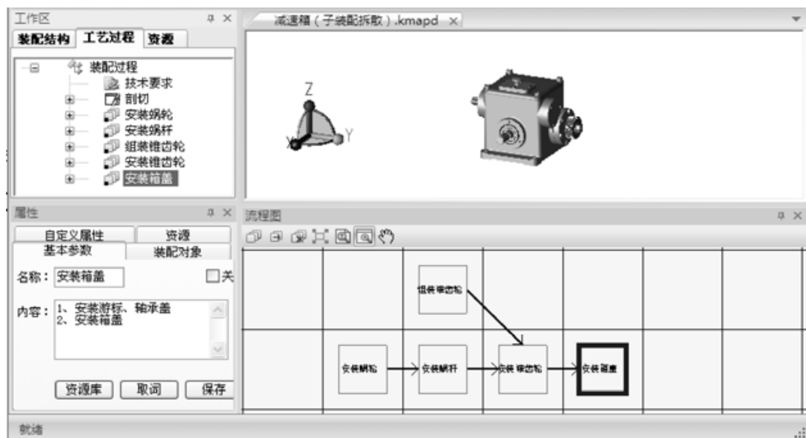



图 5-35 工序流程图

（1）添加步骤

选中“安装箱盖”，单击流程图中【添加步骤】按钮，增加“步骤 6”，如图 5-36 所示，同时在装配过程树下增加“步骤 6”节点。

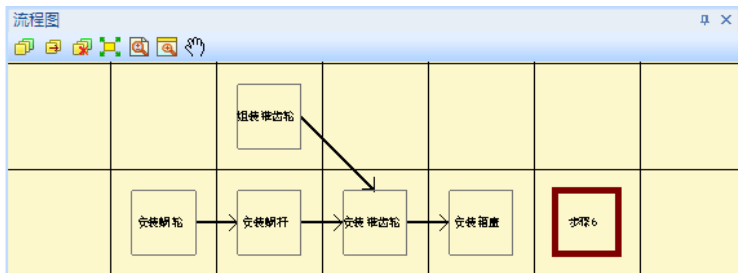



图 5-36 添加步骤

（2）关联步骤

单击【关联步骤】按钮，依次单击流程图的“安装箱盖”步骤和“步骤 6”，建立关

联后，出现箭头将“安装箱盖”步骤和“步骤 6”连接起来，如图 5-37 所示。

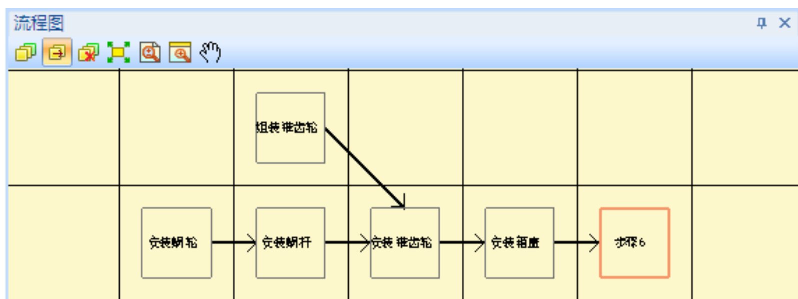



图 5-37　关联步骤

（3）删除步骤

在流程图中选中“步骤 6”，单击【删除步骤】按钮，该步骤及其与“安装箱盖”步骤的关联都被删除，且装配过程树下的对应步骤节点也一并删除。

（4）居中显示

单击流程图中【居中显示】按钮，流程图中方框表示的步骤即居中显示。当发现流程图中步骤方框显示位置有偏差时，可通过此按钮居中显示。

（5）缩放

单击【缩放】按钮，鼠标左键单击流程图网格中任意位置，按住左键不松，向上移动是流程图放大显示，向下移动是流程图缩小显示。

（6）拉框显示

单击流程图中【拉框显示】按钮，鼠标左键在流程图中拉框区域进行放大显示。

（7）移动

单击【移动】按钮后，移动流程图的位置。

## 5.3.2　工序分组

当装配工序较多时，如果连续的工序属于相同类别，可以将工序归类整理，即将工序分组，但不影响步骤之间的关系，也就是说，对于整个装配过程来说，工序依然是按照从上到下依次排列的。图 5-38 展现了一个装配过程树，其中含有 2 个分组，但其装配过程顺序仍然是按照“步骤 1”->“步骤 2” ->“步骤 3” ->“步骤 4” ->“步骤 5”，仿真播放时也是按此顺序进行播放。生成二维工艺卡片时，也按照此顺序进行工艺路线编排。分组以文件夹的形式呈现，且可以嵌套。




图 5-38　工序分组示意

（1）添加分组

在“装配过程”根节点、步骤节点及分组节点下都可以添加分组。

- 在“装配过程”根节点下，选择右键菜单中的【添加分组】命令，则新建的分组会成为当前节点的子节点，且被插入在末尾。可在分组节点的属性区修改分组名称。
- 在步骤节点下，选择右键菜单中的【添加分组】命令，则新建的分组会成为当前节点的兄节点。

- 在分组节点下，选择右键菜单中的【添加分组】命令，则新建的分组会成为当前节点的子节点。

（2）为组分配工序

- 在组中创建工序：选择分组节点，选择右键菜单中的【添加装配步骤】命令，创建的装配步骤会成为组的成员。
- 将工序加入分组：按住〈Alt〉键，将步骤节点拖动到某个分组上时，此步骤将成为该分组的成员，且添加到末尾，成为组内的最后一个步骤。也可以直接拖动步骤节点到分组内某一节点上，成为该节点的弟节点。
- 将工序移出分组：选择组内的步骤，选择右键菜单中的【从组内移出】命令，则该步骤的层级将上移一层，成为其父组的子节点，且被插入在末尾。也可以将一个步骤拖出自己所在分组，按住〈Alt〉键拖动即可。

（3）拖动分组

拖动分组节点可以改变其位置，但不改变其层级关系。当分组被拖动到某一同层级节点上的时候，分组将插入到此节点的前面。当分组被拖动到其父节点上时，则分组将被插入到同层级节点的末尾。

（4）取消分组

- 删除分组：选择分组节点，选择右键菜单中的【删除分组】命令，可删除此分组，同时此分组内包含的所有步骤都会被删除。
- 分解分组：选择分组节点，选择右键菜单中的【分解分组】命令，可删除此分组，同时此分组内的所有步骤和子分组都会被提升一个层级，也就是处于被删除分组所在的那个层级。

（5）工序分组的工序流程图表示

将“减速机（子装配拆散）.kmapd”的工序进行分组，选中“组装锥齿轮”节点，选择右键菜单中的【添加分组】命令，创建“分组 3”节点，将“组装锥齿轮”、“安装锥齿轮”加入分组，流程图如图 5-39 所示，在分组框的右上角有“-”号，当鼠标单击此“-”号时，分组框折叠为 1 个方框，同时“-”号变为“+”号，如图 5-40 所示。当单击“+”号时，分组框则展开。

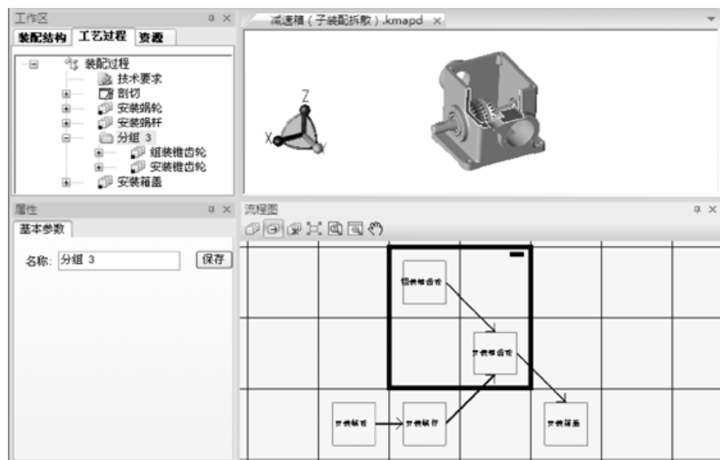



图 5-39 工序分组框展开

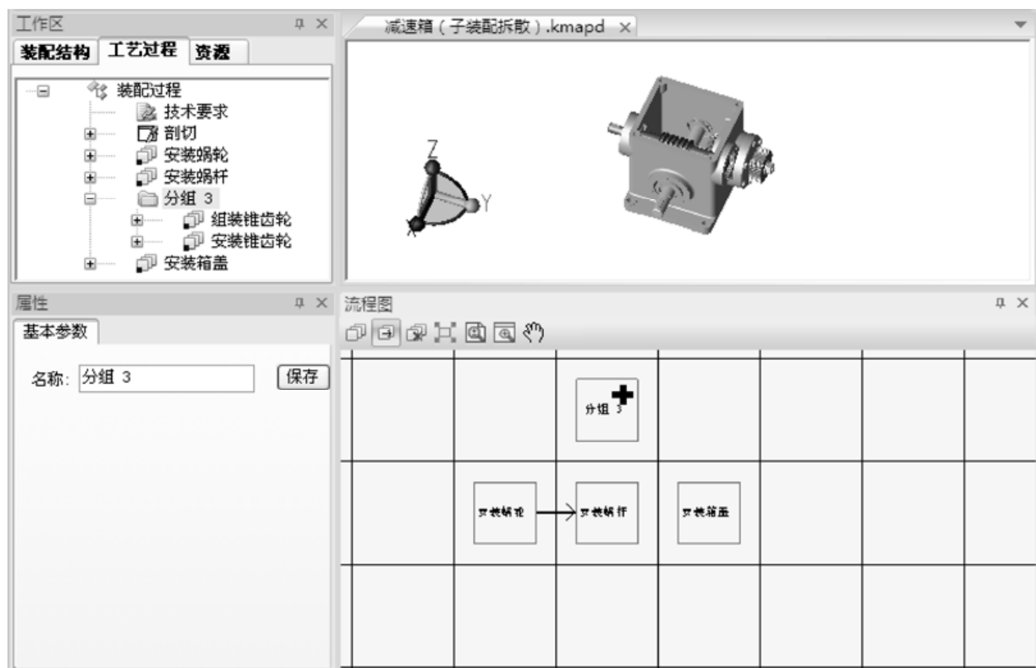



图 5-40　工序分组框折叠

### 5.3.3　添加合件中的零部件

当前装配步骤之前已安装的部件称为合件或成件。合件一般作为整体参与下个步骤的装配活动，有些情况下需要将合件中的零件单独再参与到下个步骤装配。如“减速机（子装配拆散）.kmapd”样例中，定义了 5 个装配步骤，现在希望在步骤 4“安装锥齿轮”后增加一个步骤，用于定义齿轮运动仿真，使齿轮运动的效果更佳逼真。此步骤的零件包括蜗轮轴、蜗轮、挡圈、锥齿轮、垫圈 20、螺母 M20、平键 26×4、4 个圆锥滚子轴承 15、锥齿轮部件、圆柱齿轮、平键 12×4、垫圈 8、螺母 M8 和箱体。因为这些零部件已在前面步骤中安装，如果要在本步骤中添加，需要用到“添加合件中的零部件”功能。

打开文件“减速机（子装配拆散）.kmapd”，选择步骤“安装箱盖”，选择右键菜单中的【插入装配步骤】命令，则在其前面添加步骤 5，改步骤名为“齿轮运动”，选择此步骤，选择右键菜单中的【添加/删除装配对象】命令，在【添加/删除装配对象】对话框中右上角【仅显示未装配对象】复选框默认为勾选状态，如果要添加合件中的零部件，需要将此勾选取消，【可选对象】中会显示合件及所有零部件，选择零部件添加到【装配对象】中即可，如图 5-41 所示。

添加合件中的零部件，还有一种方式直接在三维模型视图区中选择零部件。按住〈Alt〉键，鼠标指向合件中的零件，双击鼠标左键可将合件中的零件单独添加【装配对象】中。

步骤“齿轮运动”的配套件已选择完成，如图 5-42 所示，齿轮机构仿真的定义过程将在 5.8.2 节中详细介绍。




图 5-41 【可选对象】中会显示合件及所有零部件

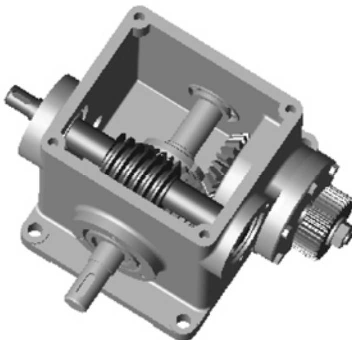


图 5-42 选择后的结果

## 5.3.4 树模式添加装配对象

在前文介绍的分配工序配套件的方法中，【添加/删除装配对象】对话框中零部件是列表显示状态，此时整个产品模型会显示在三维模型视图区，分配配套件时既可以在【添加/删除装配对象】对话框中选择装配对象，也可以在三维模型上选择装配对象。当产品模型比较复杂，机器性能较差时，可以使用“树模式”添加装配对象，此时产品模型不会显示出来，在【添加/删除装配对象】对话框中选择某一零件，此零件的模型才会显示出来。

具体设置方法如下。

① 单击【操作】工具栏中【工具】/【选项】按钮，弹出【选项】对话框，单击【大装配优化】标签页，在【装配对象分配模式】选项组选择“树模式”，如图 5-43 所示。

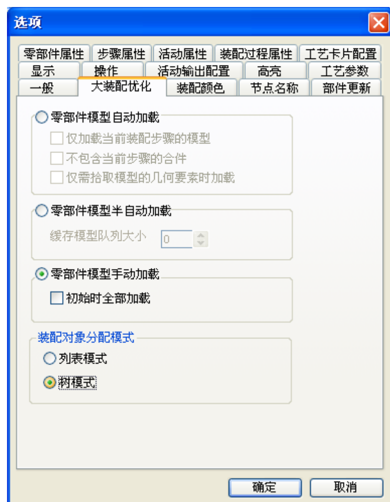



图 5-43 装配对象分配模式选择【树模式】

② 添加装配步骤“安装蜗轮”，选择步骤节点，选择右键菜单中的【装配对象】/【添加/删除装配对象】命令，弹出【选择装配对象】对话框，如图 5-44 所示，显示整个产品结构树。

③ 勾选产品结构树上零件节点，即可添加为本步骤的配套件，在三维模型视图区中将显示出勾选的零件模型，如图 5-45 所示。配套件分配完成后，单击【选择装配对象】对话框右上角的【关闭】按钮即可。

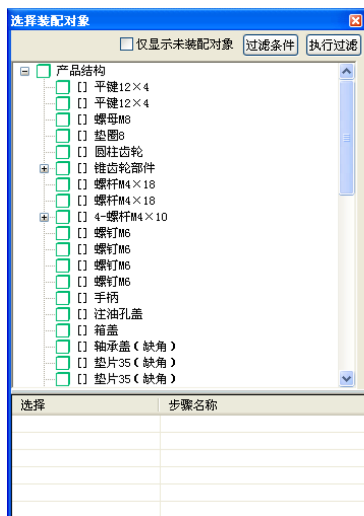



图 5-44　显示整个产品结构树

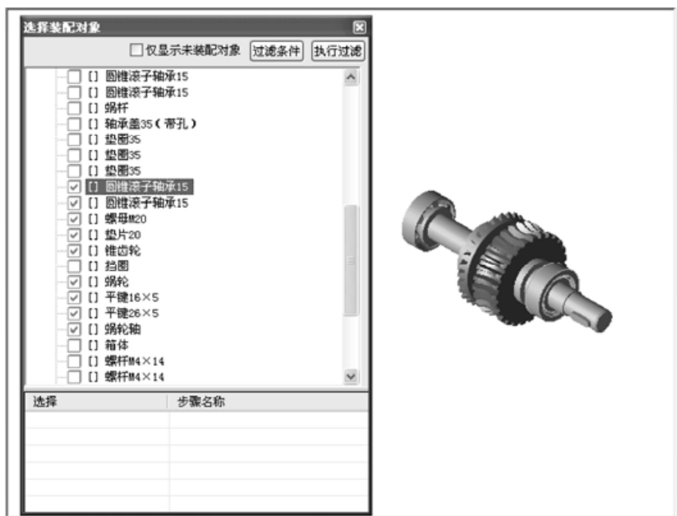



图 5-45　三维模型视图区中显示出勾选的零件模型

④ 添加装配步骤“安装蜗杆”，分配配套件时，【选择装配对象】对话框下部步骤名称处会显示前面步骤的名称，勾选步骤名称前的方框，可将此步骤的合件添加到本步骤中，再勾选本步骤装入的其他件，如图 5-46 所示。

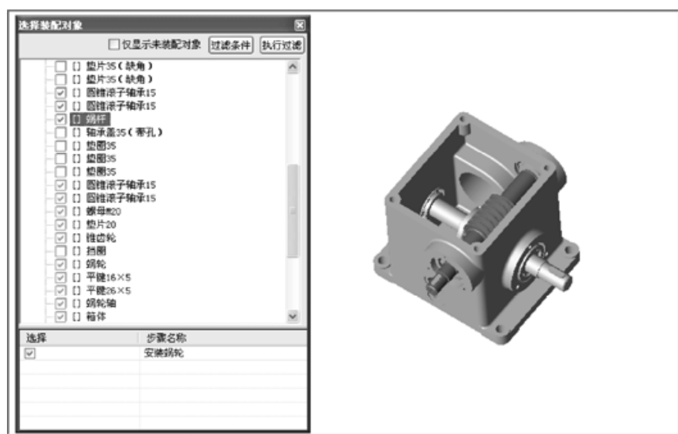



图 5-46　对话框下部步骤名称处会显示前面步骤的名称

⑤ 在树模式下分配工序配套件时，可通过过滤条件设置使产品结构树上的零部件根据过滤条件显示，提高零部件的选择效率。单击【选择装配对象】对话框上部的【条件过滤】按钮，弹出【设置过滤器】对话框，如图 5-47 所示，勾选条件前的方框，单击【执行】按

钮，则【选择装配对象】对话框中将显示符合条件的零部件。对话框上部【执行过滤】按钮将变为【取消过滤】，若要零部件正常显示，单击对话框中【取消过滤】按钮即可。

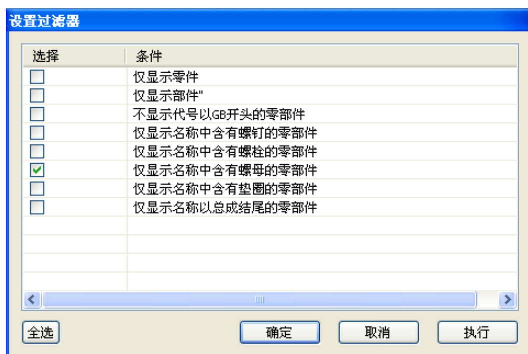



图 5-47　设置过滤器

如果在【设置过滤器】对话框中勾选过滤条件后，单击【确定】按钮，返回到【选择装配对象】对话框中，再单击对话框上部【执行过滤】按钮也可显示符合条件的零部件。

# 5.4　装配活动定义

## 5.4.1　径向运动

减速机样例中“安装锥齿轮”步骤下的“拆卸活动 5”为拆卸 3 个螺钉 M4×18，先定义 3 个螺钉的螺旋运动，然后定义沿锥齿轮轴的直线运动。还可以先定义 3 个螺钉的螺旋运动，然后定义沿锥齿轮轴的径向运动。活动对象相对于径向轴作发散或收敛运动，称为径向运动。

① 选中“拆卸活动 5”，选择右键菜单中的【重新定义轨迹】命令。

② 定义 3 个螺钉 M4×18 的螺旋运动及一小段直线运动，如图 5-48 所示。

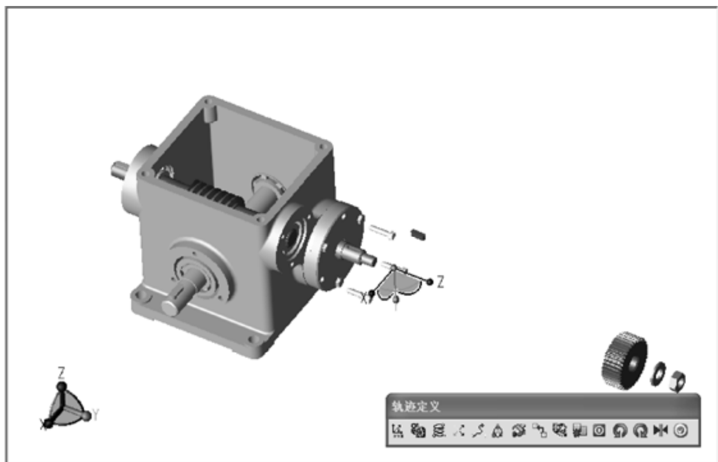



图 5-48　定义 3 个螺钉 M4×18 的螺旋运动和直线运动

③ 定义径向运动：单击【轨迹定义】工具条中的按钮。

a．选择径向运动轴：光标移到零部件上，显示零部件模型边或曲面回转轴后，单击鼠标左键。这里选择的是“轴承盖”圆柱的回转轴，如图 5-49 所示。

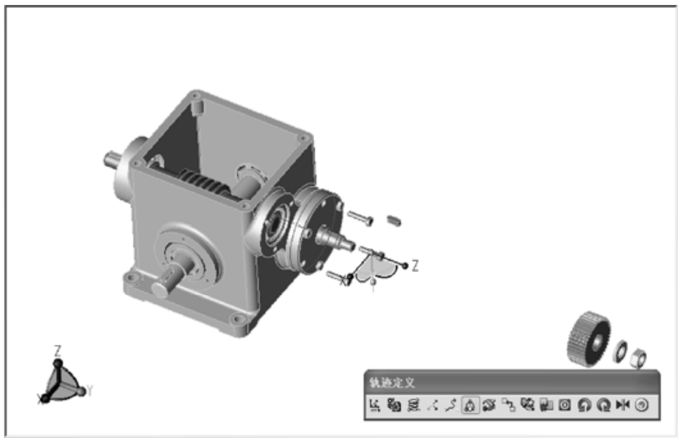



图 5-49　选择径向回转轴

b．设置定位夹 Z 轴为径向运动方向：按〈Space〉键，定位夹 Z 轴调整为与径向运动轴垂直的方向。

c．定义径向运动：拖动定位夹的 Z 轴作直线运动，3 个螺钉作发散运动，松开鼠标左键即可，如图 5-50 所示。

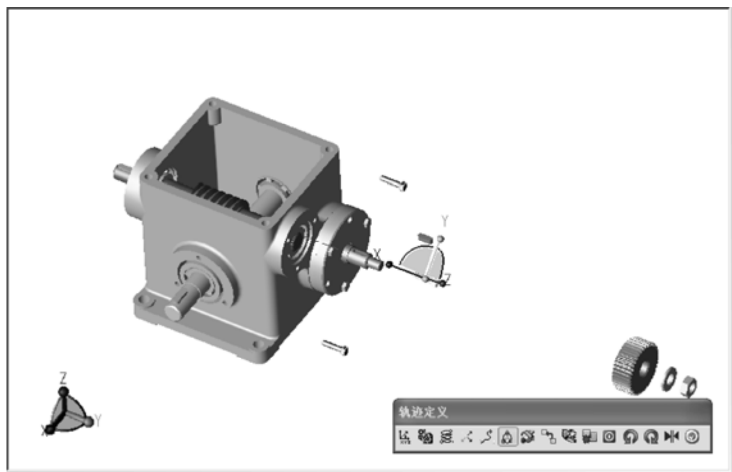



图 5-50　拖动定位夹的 Z 轴作直线运动

## 5.4.2　焊接活动

焊接活动分为点焊和连续焊，用于在三维装配工艺中焊缝的动画表达。

导入模型“样例文件\三维模型\焊接件\焊接件.SLDASM”，模型如图 5-51 所示，针对此样例说明连续焊的操作方法。

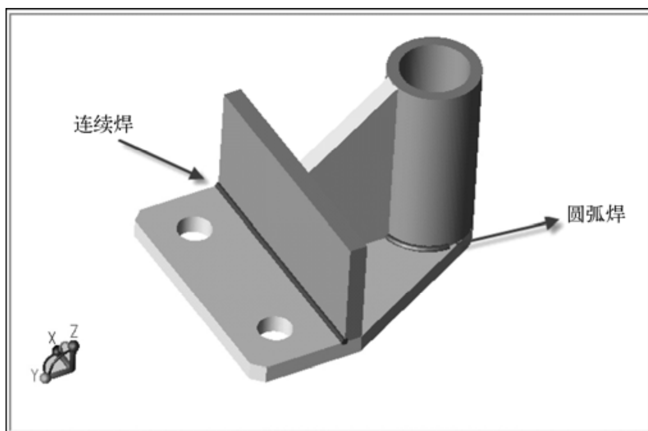



图 5-51　焊接示例

① 在装配过程树下，选择步骤下要创建焊接活动的节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【焊接活动】按钮，在弹出的【焊接活动】设置对话框中选择连续焊，根据实际情况修改焊线直径和颜色，如图 5-52 所示。

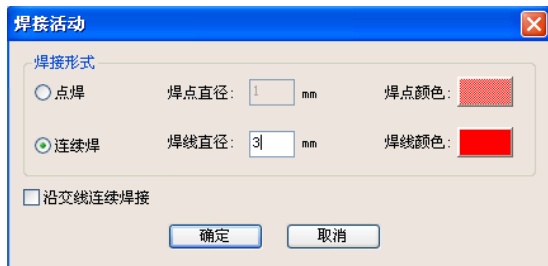



图 5-52 【焊接活动】设置对话框

② 当焊接处为圆弧时，根据状态栏提示，用鼠标在模型上选取焊线的起点、终点，如图 5-53 所示，完成后在视图区空白处双击鼠标左键结束，此时在模型上自动创建圆弧焊线，如图 5-54 所示。

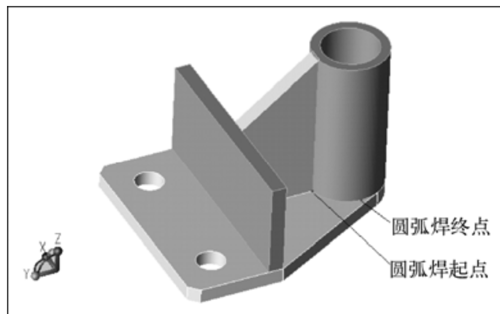



图 5-53　选取焊线的起点、终点

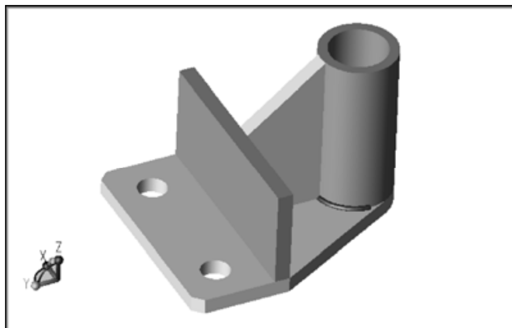


图 5-54　模型上自动创建圆弧焊线

③ 当焊接处为直线时，用鼠标在模型上选取焊线的起点、终点，如图 5-55 所示，完成

后在视图区空白处双击鼠标左键，此时在模型上自动创建直线焊线，如图 5-56 所示。

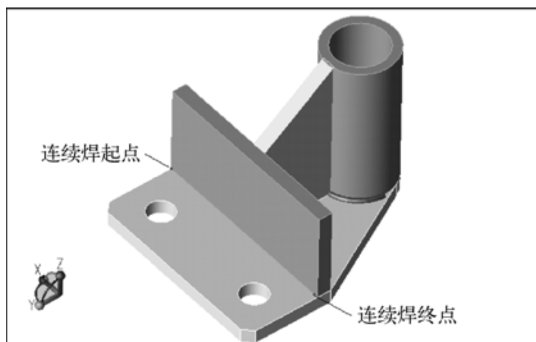



图 5-55　选取焊线的起点、终点

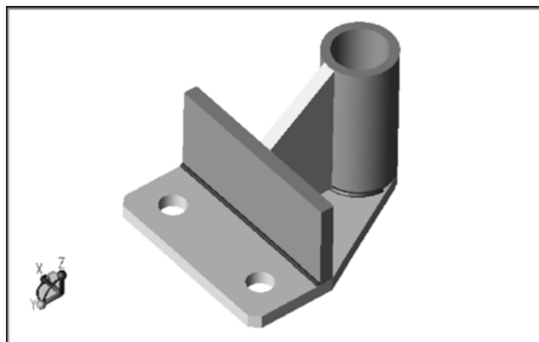


图 5-56　模型上自动创建直线焊线

④ 焊接活动进行仿真播放时，能够看到焊线的焊接过程。

⑤ 当双击步骤下的焊接活动时，弹出图 5-57 所示的【焊接属性】对话框，可对已经创建的焊线进行直径、颜色的修改。




图 5-57　输入焊接属性

点焊操作方法如下。

在装配过程树下，选择步骤下要创建焊接活动的节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【焊接活动】按钮，弹出【焊接活动】设置对话框，选择点焊，根据实际情况修改焊点直径和颜色；设置完成后单击【确定】按钮，根据状态栏提示在三维模型视图区中单击套筒端面和筋板连接的弧线上的点创建焊点，完成后在视图区空白处双击鼠标左键结束（选择焊点前需加载模型数据）。

## 5.4.3　涂胶/注油活动

涂胶/注油活动的操作及效果一样。

① 在安装轴承处，需要对安装部位进行注油。在装配过程树下，选择步骤下要创建注油活动的节点，这里选择【安装蜗杆】下的【拆卸活动 3】，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【涂胶活动】按钮，弹出图 5-58 所示【选择数据】对话框，在“活动类型”处选择“注油”，在“属性”中设置注油的“长度”“宽度”“厚度”“颜色”和“透明度”。




图 5-58　【选择数据】对话框

② 设置完成后单击【开始】按钮，根据状态栏提示在三维模型视图区单击鼠标左键确定注油的位置，可按〈Shift〉键



切换后在模型线上进行滴油，如图 5-59 所示，完成后在空白处双击鼠标左键结束，如图 5-60 所示。

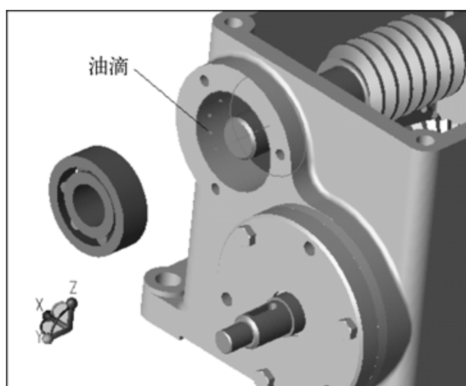



图 5-59　单击鼠标左键确定注油的位置

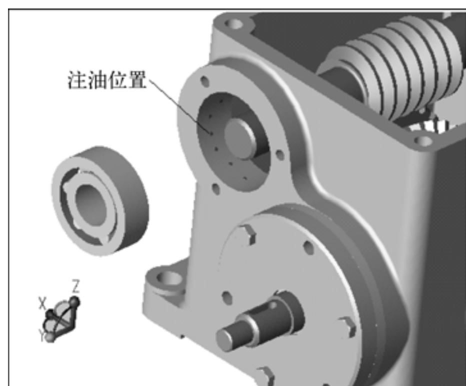



图 5-60　模型上显示注油的位置

### 5.4.4　刷子/清理活动

刷子/清理活动的操作及效果一样。

① 在安装端盖时，需要对安装部位进行清理。在装配过程树下，选择步骤下要创建刷子活动的节点，这里选择“安装箱盖”的“拆卸活动 10”，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【刷子活动】按钮，根据状态栏提示选择需要清理的面，选择垫片 35 的面，如图 5-61 所示，在空白处双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认选中的面。

② 根据状态栏提示选择指定对齐屏幕的面，仍选择垫圈 35 的面，屏幕自动对齐该面，如图 5-62 所示。

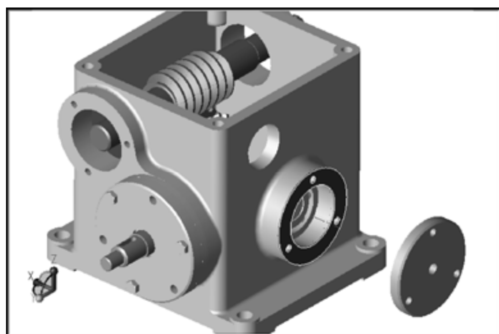


图 5-61　选择垫圈 35 的面

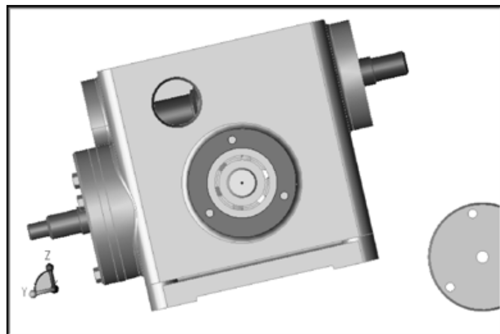


图 5-62　指定对齐屏幕的面

③ 根据状态栏提示选择清理的范围，通过鼠标左键拉框选择清理范围，若要端面整个清理，只需框选端面即可，如图 5-63 所示，框选后弹出参数设置，根据实际情况输入，一般默认确定即可。初始栅格越小，创建的刷子活动表面越精细。单击【颜色】按钮可对清理表面的颜色进行设置，下图设置为灰色。

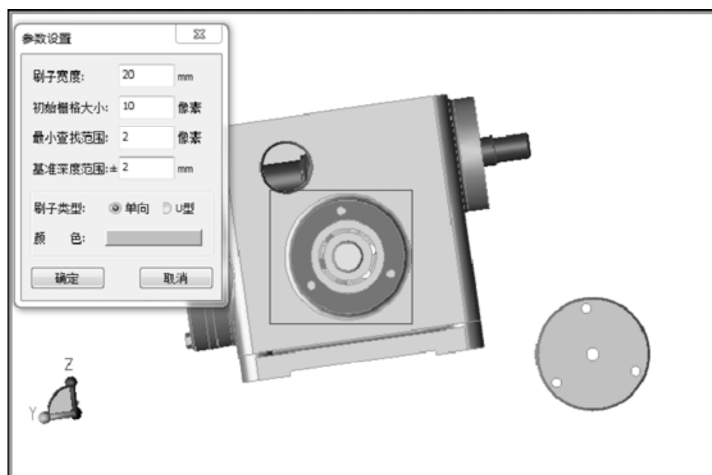



图 5-63　框选端面

④ 单击参数设置对话框中的【确定】按钮，垫圈 35 的面会被覆盖一层灰色，表示刷子清理的范围，如图 5-64 所示，刷子活动创建完成。

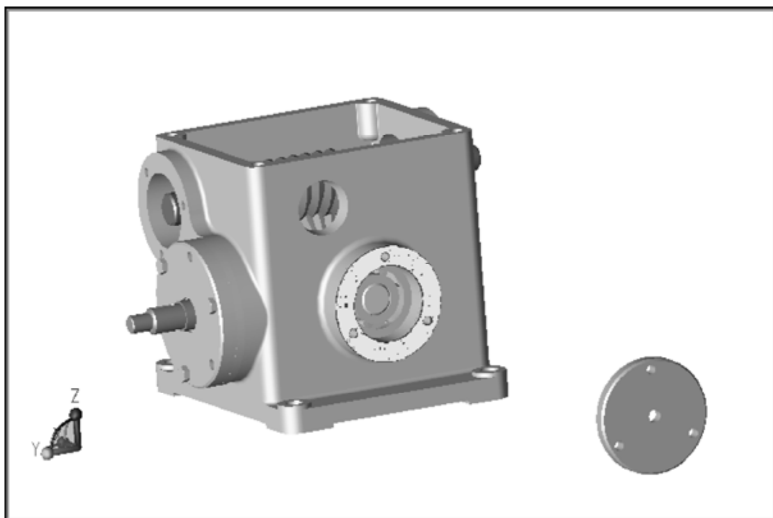



图 5-64　显示刷子清理的范围

### 5.4.5　视角活动

在装配过程中定义视角活动，将多个定义的视角连续播放，可用于观察装配对象从整体到局部的过程。

① 在装配过程树下，选择步骤或活动节点，这里选择“安装箱盖”节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【视角活动】按钮，进入视角活动定义，如图 5-65 所示。【视角活动定义】工具条从左至右按钮分别是【记录视角】、【浏览上一视角】、【浏览下一视角】和【保存退出】。

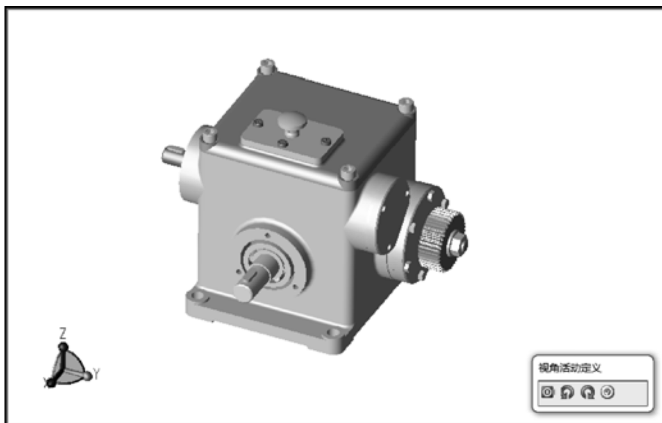


图 5-65　进入视角活动定义

② 当在三维模型视图区中，改变当前视角后，单击【记录视角】按钮，如图 5-66 所示。

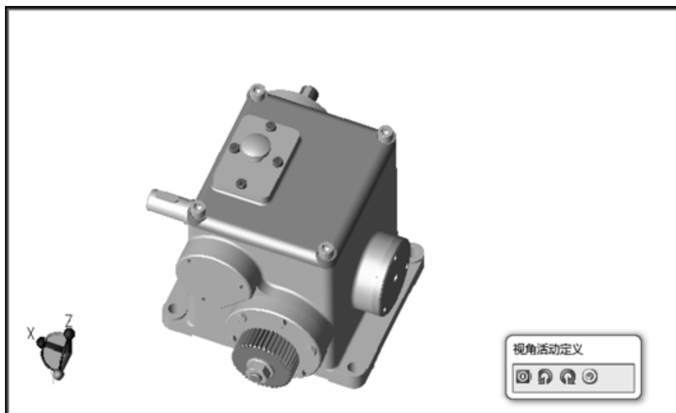


图 5-66　记录视角

③ 单击【保存退出】按钮后形成连续视角活动，仿真播放时会按记录视角的先后顺序逐一播放。

## 5.5　装配效果设计

### 5.5.1　剖切方案应用

“减速机”样例中，工序“安装蜗轮”中安装的零件大部分在箱体内部，为了能够看清箱体内部零件的运动轨迹，可以运用剖切方式来实现。由于剖切方式可能需要多处重复使用，可以预先定义好多种剖切方案，然后在需要使用时勾选即可。定义剖切方案时可以用单个平面（全剖）、两个平面（半剖）或三个平面。

（1）创建剖切方案

① 选中装配过程树中的“剖切”节点，选择鼠标右键菜单中的【创建剖切方案】命

令，弹出图 5-67 所示对话框，选择剖切面的组成，这里选择“三个剖切平面”。

② 在三维模型视图中显示系统初始的剖切方案（剖切面中心为模型包围盒的中心，各剖切面和对应的模型坐标系坐标面平行）和定位夹，如图 5-67 所示，调整定位夹的位置和角度，将剖切方案调整到最佳位置和角度。

③ 在剖切方案对话框中单击【确定】按钮，生成剖切方案，节点名为“剖切方案一”。同样可以定义其他剖切方案备用。

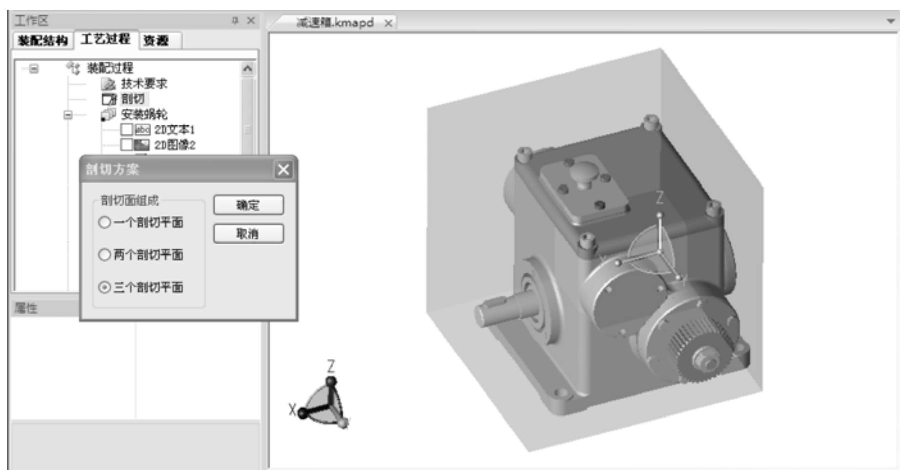



图 5-67　创建剖切方案

（2）剖切方案的运用

① 选择步骤“安装蜗轮”节点，选择右键菜单中的【属性】命令，在【步骤属性】对话框中选择【仿真效果】标签页，如图 5-68 所示。

② 在当前步骤或者步骤中的某个装配对象选择一个剖切方案，这里对“箱体”选择“方案 1”。

③ 单击【确定】按钮，三维模型视图区中被指定的对象将按剖切方案剖切显示，如图 5-69 所示。仿真播放时，播放到此步骤时被指定的对象将剖切显示。




图 5-68　对“箱体”选择“方案 1”

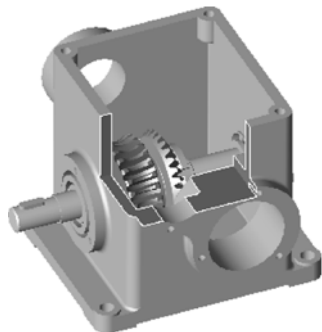


图 5-69　剖切方案运用后的效果

## 5.5.2 装配时序调整

活动轨迹定义完成后，可以调整步骤中活动的顺序以及每个活动的运动时间来实现步骤内活动与活动之间并行和顺序播放。系统采用活动甘特图的界面操作方式。

工序“安装蜗轮”中定义的活动如图 5-70 所示，下面说明通过调整活动顺序如何实现装配路径并行设计。

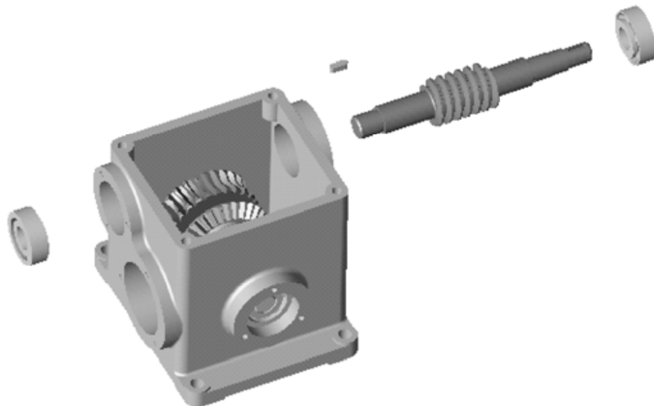


图 5-70 “安装蜗杆”中定义的活动

（1）蜗杆靠近蜗轮时，螺杆的直线运动和蜗轮的螺旋运动同时开始和结束。

选中“安装蜗杆”节点，选择右键菜单中的【调整活动顺序…】命令，弹出图 5-71 所示的对话框。左边列表区以数据表示活动节点的播放时间和顺序，“长度”“开始”“结束”三栏分别代表播放活动的总时间、开始时间和结束时间。修改时遵循“长度＝结束-开始”的原则，且保持一栏为固定栏；右边甘特图区用矩形框及其之间的连接关系形象直观地显示活动节点的播放时间和顺序。按钮和，用来放大或缩小甘特图。

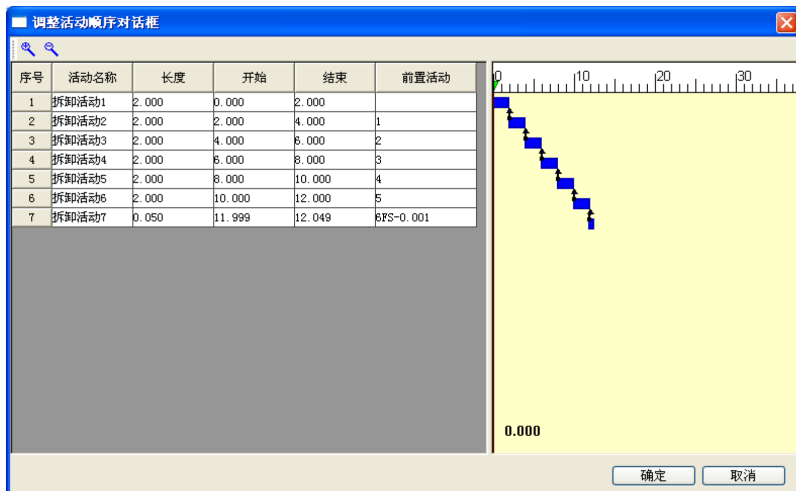



图 5-71 【调整活动顺序对话框】对话框

蜗杆的直线运动、蜗轮的旋转运动分别为“拆卸活动 4”“拆卸活动 5”，需要将这 2 个运动调整到同时开始和结束。这 2 个活动长度相等，如果不相等，可双击“拆卸活动 5”的长度栏，使之呈编辑状态，输入与“拆卸活动 4”相同的长度。双击“拆卸活动 5”的前置活动栏，输入 3，结果如图 5-72 所示。对工序“安装蜗杆”进行仿真播放，可以看到蜗杆、蜗轮的啮合运动。

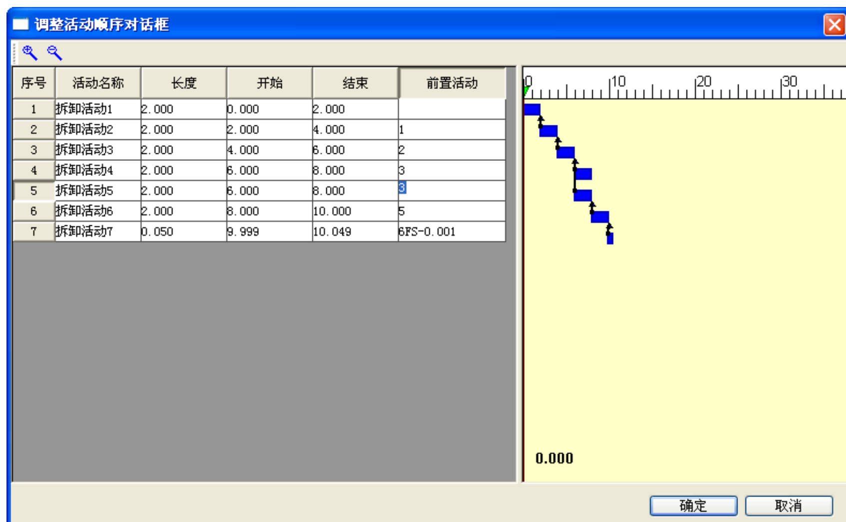



图 5-72　调整活动顺序后（一）

要修改活动的时间，也可以在右边的甘特图中选中活动对应的矩形框的左边或右边并按住左键拖动来实现。注意拖动时光标变为“◀|”或“|▶”状态时才有效。

（2）左端轴承安装完成结束前 1s 开始安装右端轴承

首先需要了解前置活动栏的关联关系，有如下 3 种。

- FS：完成－开始，指前置活动播放完成后开始播放当前活动，如 1FS-1.00 表示在【拆卸活动 1】播放结束前 1s 开始播放当前活动。
- SS：开始－开始，指前置活动与当前活动同时开始播放。
- FF：完成－完成，指前置活动与当前活动同时完成播放。

编辑前置活动栏的关联关系时需要注意。

- 关联关系可为一个或多个，分别用分号隔开，如 3FS;5SS-3。
- 关联关系为并行活动时，活动之间活动对象不能重叠。
- 关联关系的显示如为“1”，实际为“1FS+0”，“0”为间隙时间，间隙时间可正可负，默认 0 不显示；如为“3FS＋3”，表示在“拆卸活动 3”播放完成后的 3s 后开始播放当前活动。

左端轴承、右端轴承的活动分别为“拆卸活动 3”“拆卸活动 2”，在【调整活动顺序】对话框中，将“拆卸活动 3”的“前置活动”修改为“2FS-1”，结果如图 5-73 所示。对工序“安装蜗杆”进行仿真播放时，可以看到左端轴承安装完成结束前 1s 开始安装右端轴承。

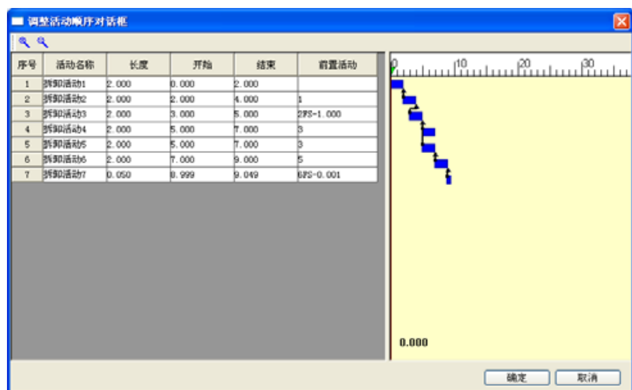



图 5-73　调整活动顺序后（二）

## 5.5.3　视频注释

在实际工作中可能有一些很难或者无法用三维方式表达的操作，可以录制成视频，插入到工艺过程中，以指导装配人员操作，3DCAPP-A 中的【插入视频】功能可以满足此要求。插入外部视频文件后，仿真装配播放时会在三维模型视图区中播放插入的视频。

① 在装配过程树下，选择要插入视频的步骤或拆卸活动节点，这里选择“安装锥齿轮”节点，单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【插入视频】按钮，在【打开】对话框中选择要插入的视频文件，如图 5-74 所示。




图 5-74　选择视频文件

② 在三维模型视图区中选择合适位置，单击鼠标左键，然后拖动鼠标左键会出现红框，如图 5-75 所示，红框大小即是所要插入视频播放区域大小。拖动至合适位置松开鼠标左键，插入视频活动完成，红框变为黑色的虚线框。同时在步骤节点下将自动创建对应的“视频活动 1”节点，该节点在所有活动节点的最前面，原来的活动节点会变为“拆卸活动 2”。

③ 单击【操作】工具栏中【装配仿真】按钮，进行单步骤装配仿真，当装配活动播放完成后，视频播放区域会播放插入的 AVI 视频。

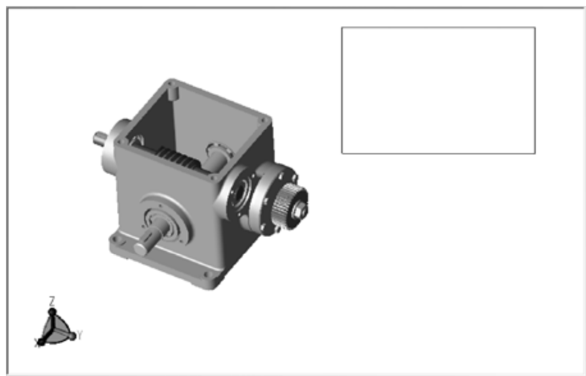


图 5-75　定义视频播放区域

鼠标左键双击视频活动节点，将弹出【打开】对话框，选择其他视频文件可替换当前引入的视频文件。

鼠标左键指向视频播放区域，黑色的虚线框将变为红色，鼠标单击拖动虚线框的四周边框可改变视频播放区域大小，按住鼠标左键拖动虚线框可改变视频播放区域的位置。

## 5.5.4　音频注释

音频注解是指通过插入音频文件来指导装配人员操作。

① 在装配过程树下，选择步骤下要附加音频注解的拆卸活动，这里选择“安装锥齿轮”工序下的“拆卸活动 4”，单击属性区上的【音频注释】标签，如图 5-76 所示。

② 在【音频注释】标签下方网格处单击鼠标右键，选择【添加已有音频文件】命令，在弹出的对话框中选择已经录好的音频文件，单击【打开】按钮，即可完成添加音频注释（目前支持 MP3 格式）。

若需要现录音频文件，选择【录制音频文件】命令，弹出图 5-77 所示对话框进行录制。录制完成后单击按钮即可（需要输入设备连接正常）。

③ 添加音频注释完成后如图 5-78 所示。注意音频时间，当音频时间大于拆卸活动时间时，需要修改拆卸活动的轨迹运动时间同音频时间一致，否则音频播放会不完整。

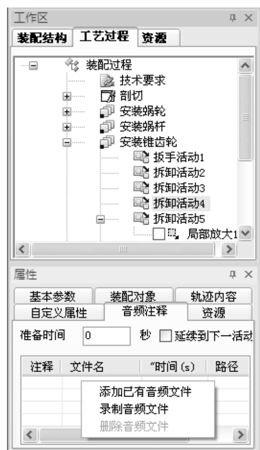



图 5-76 【音频注释】标签




图 5-77　录制音频文件




图 5-78　添加音频注释文件

④ 单击【操作】工具栏中【装配仿真】/按钮，进行单步骤装配仿真，在播放到安装该活动时会播放录制的音频。

### 5.5.5 插入暂停

在装配过程中往往有一些关键点需要操作人员特别注意，这时可在装配过程中插入暂停活动，仿真播放时会自动暂停，根据屏幕提示操作后再继续仿真播放。

① 在装配过程树下，选择步骤下要插入暂停的活动节点，这里选择“安装蜗轮”步骤下的“拆卸活动 9”，即将蜗轮轴、左端轴承及两个平键向箱体内移动一段距离。

② 选择右键菜单中的【插入暂停】命令，在“拆卸活动 9”前插入“暂停 9”活动节点，原来的“拆卸活动 9”将变为“拆卸活动 10”。

③ 在进行装配仿真时，蜗轮轴、左端轴承及两个平键向箱体内移动一段距离时，将出现暂停提示“按任意键继续播放”，如图 5-79 所示，按键盘上的任意键可继续仿真播放。

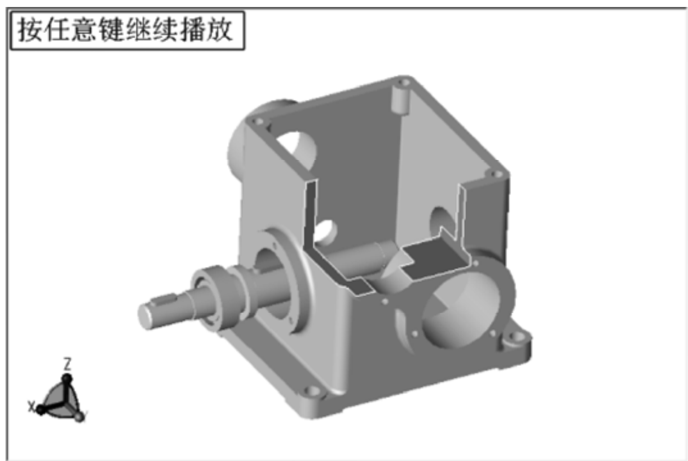



图 5-79 播放提示

### 5.5.6 闪烁效果

在装配活动中插入闪烁效果后，在仿真播放时定义的零部件会闪烁显示，然后继续装配仿真。

① 在装配过程树下，选择步骤下要插入闪烁效果节点的拆卸活动，这里选择“安装蜗轮”步骤下的“拆卸活动 10”，即将蜗轮轴、左端轴承及两个平键向箱体内移动一段距离。

② 选择右键菜单中的【闪烁效果】命令，在三维视图中出现【闪烁活动定义】工具条，如图 5-80 所示，选中三维模型视图区中要闪烁的零件，若多选可按〈Ctrl〉键，如选择蜗轮轴和蜗轮。也可以通过【闪烁活动定义】工具条中的按钮选择。

③ 选择完零部件对象后，单击【闪烁活动定义】工具条上的按钮，在“拆卸活动 10”前插入“闪烁效果 10”活动节点，原来的“拆卸活动 10”将变为“拆卸活动 11”。

④ 在进行装配仿真时，蜗轮轴、左端轴承及两个平键向箱体内移动时，蜗杆轴将边安装边闪烁，同时蜗轮也在闪烁。

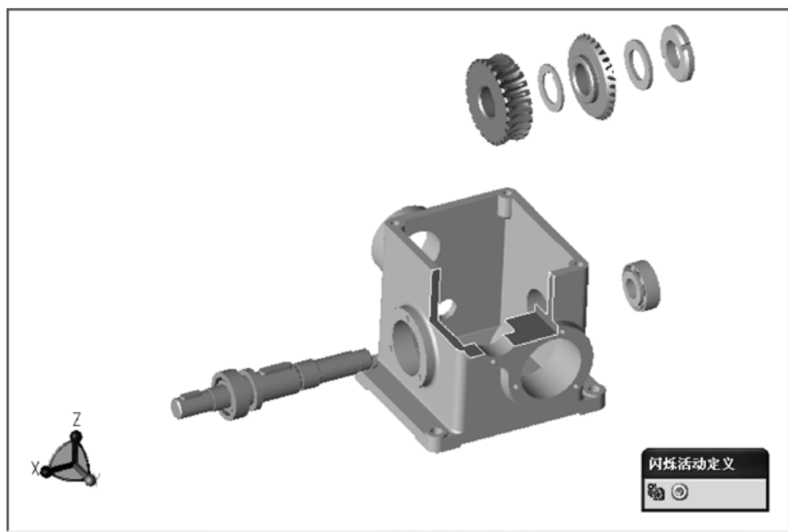



图 5-80　选择闪烁零件

## 5.5.7　光顺轨迹

光顺轨迹是指将定义的多条直线运动轨迹、平动运动轨迹合并进行光顺处理，变为曲线轨迹。

① 在装配过程下，选择已定义的拆卸活动，如选择“安装锥齿轮”下的“拆卸活动5”，单击属性区的【轨迹内容】标签页，可以看到有两条直线轨迹。

② 选中两条直线轨迹，选择右键菜单中的【光顺】命令（见图 5-81），弹出图 5-82 所示的【是否确定将轨迹光顺处理】提示，单击“是”则完成轨迹光顺处理，两条直线轨迹将变成一条曲线轨迹，如图 5-83 所示。




图 5-81　两条直线轨迹进行光顺处理




图 5-82　确认是否处理

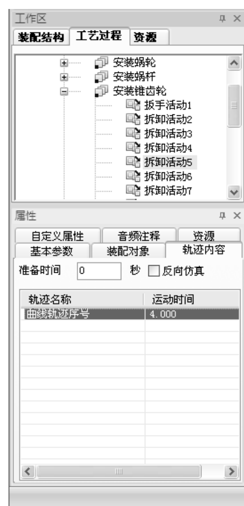



图 5-83　两条直线轨迹变成一条曲线轨迹

## 5.6 装配变形功能

在装配过程中，有些零件需要变形后才能安装，或者安装好后再变形。例如密封圈，安装时需将内外径撑大，安装好后恢复原状，以起到密封效果；再如开口弹簧垫圈，开口处两端不在一个平面上，安装时通过螺母拧紧使开口处两端压在同一个平面上，以增强压紧力；再如弹簧，压紧时会变形。

3DCAPP-A 中可定义 5 种类型的变形：密封圈、开口弹性挡圈、开口弹簧垫圈、弹簧和开口销，在进行装配仿真时能清晰地看到变形过程。

### 5.6.1 密封圈

① 打开【样例文件\工艺文件\密封圈-cs.kmapd】文件，创建“步骤 1”并添加零件“阀芯”“阀芯压盖”“O 型圈”（注意：需加载“O 型圈”的模型数据）。

② 选择“步骤 1”节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【变形活动】按钮，弹出图 5-84 所示对话框，选择“密封圈”后单击【下一步】按钮。




图 5-84 【变形活动】对话框

③ 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择要变形的密封圈，密封圈上显示定位夹，如图 5-85 所示。Z 轴方向的红色箭头线为密封圈的变形轴线。在“变形量”中输入数值，根据输入框下方文字说明描述，输入正数为密封圈扩大变形，输入负数为密封圈缩小变形，此处输入 2，单击【完成】按钮，密封圈变形效果如图 5-86 所示。

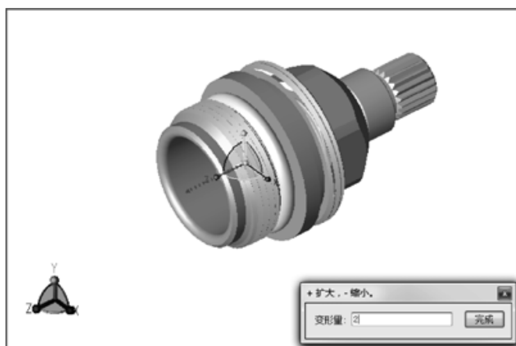



图 5-85 选择 O 型圈



图 5-86　O 型圈变形后的效果

④ 定义密封圈的拆卸活动。将密封圈沿 Z 轴方向移动，将密封圈拆卸下来，如图 5-87 所示。

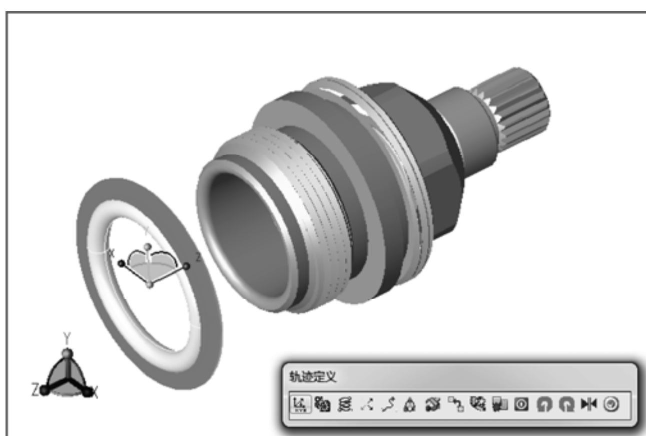



图 5-87　拆卸 O 型圈

⑤ 定义密封圈的变形活动，将其变回原来的大小，定义变形活动时，将变形量输入负数。

⑥ 选择“步骤 1”下“密封圈活动 1”“密封圈活动 2”节点，在属性中的【轨迹内容】标签页修改播放模式为“反向播放”，如图 5-88 所示。

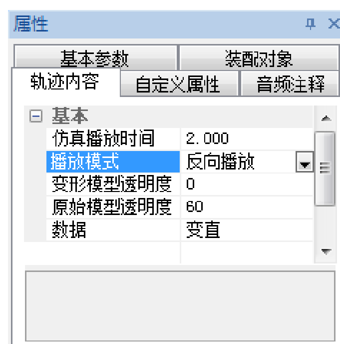



图 5-88　变形参数

⑦ 对“步骤 1”仿真播放，可以看到密封圈先放大变形，套入接头后再缩小变形。

### 5.6.2 开口弹性挡圈

① 接上接样例，创建“步骤 2”并添加零件“卡箍”及步骤 1 合件（注意：需加载“开口弹性挡圈”的模型数据）。

② 选择“步骤 2”节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【变形活动】按钮，在【变形活动】对话框中选择“开口弹性挡圈”后单击【下一步】按钮。

③ 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择开口弹性挡圈，在开口弹性挡圈上显示定位夹，如图 5-89 所示。*X* 轴方向的蓝色箭头指向挡圈的开口方向，*Z* 轴方向的红色箭头线为变形轴线。若蓝色箭头的方向没有指向挡圈的开口方向，可通过调整 *X*-*Y* 之间的弧线将蓝色箭头的方向指向挡圈的开口方向。在“变形量”中输入 1，单击【完成】按钮，开口弹性挡圈变形效果如图 5-90 所示。

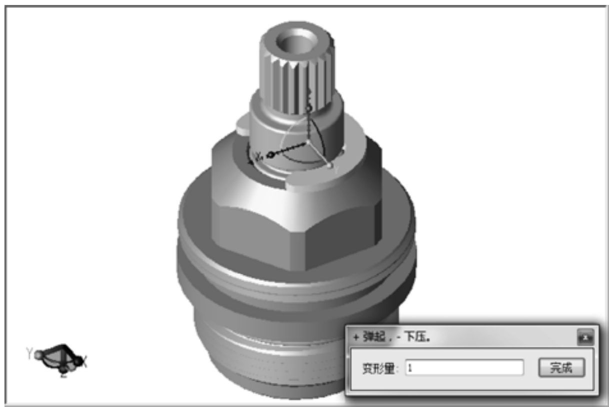



图 5-89 选择开口弹性挡圈

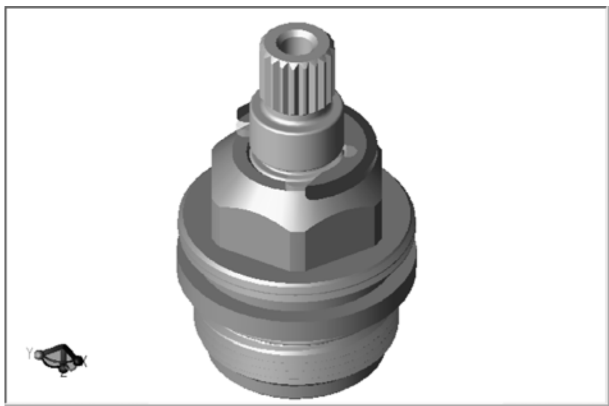


图 5-90 开口弹性挡圈变形后的效果

④ 定义开口弹性挡圈的拆卸活动。将开口弹性挡圈按 *Z* 轴方向移动，将其拆卸下来，如图 5-91 所示。




图 5-91　拆卸开口弹性挡圈

⑤ 定义开口弹性挡圈的变形活动，将其变回原来的大小，定义变形活动时，将变形量输入负数。

⑥ 选择“步骤 1”下的“挡圈活动 1”节点，在属性中的【轨迹内容】标签页修改播放模式为“反向播放”。

⑦ 对“步骤 1”仿真播放，可以看到开口弹性挡圈的开口先放大变形，套入接头后再缩小变形。

## 5.6.3　开口弹簧垫圈

① 打开【样例文件\工艺文件\开口弹簧垫圈-cs.kmapd】文件，创建“步骤 1”并添加所有零件（注意：需加载“开口弹簧垫圈”的模型数据）。

② 选择“步骤 1”节点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【变形活动】按钮，在【变形活动】对话框中选择“开口弹簧垫圈”，单击【下一步】按钮。

③ 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择开口弹簧垫圈，在开口弹簧垫圈上显示定位夹，如图 5-92 所示。$X$ 轴方向的蓝色箭头指向弹簧垫圈的开口方向，$Z$ 轴方向的红色箭头线为弹簧垫圈轴线，定位夹旁的绿色箭头指向垫圈一侧的变形方向，图中显示的是垫圈的右侧变形。如果需要垫圈的左侧变形，直接单击垫圈的左侧，绿色箭头会移到垫圈的左侧。

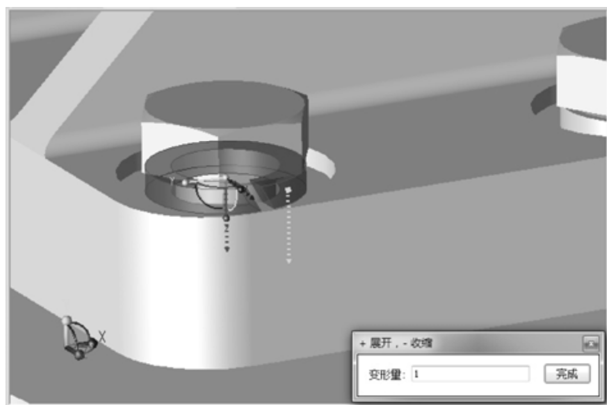



图 5-92　选择开口弹簧垫圈

④ 实际情况需要将垫圈右侧向上变形。双击定位夹 *Y*−*Z* 轴间的圆弧线，圆弧线加亮显示后双击鼠标左键，在弹出的输入框中输入 180，按〈Enter〉键后绿色箭头指向上方，如图 5−93 所示。若蓝色箭头的方式没有指向垫圈开口方向，通过调整 *X*−*Y* 之间的弧线将蓝色箭头指向垫圈的开口方向。

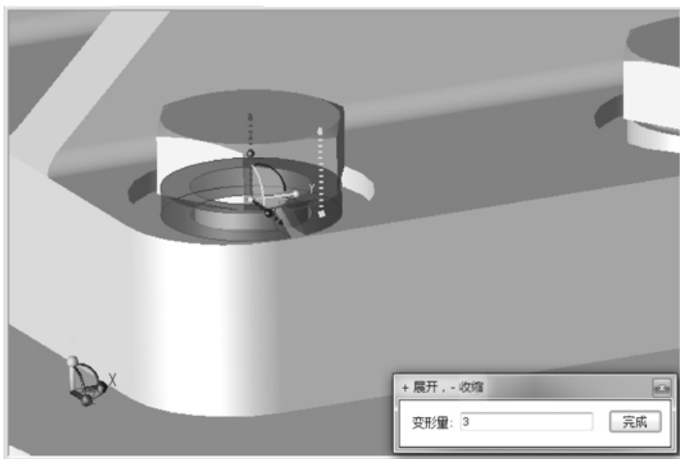



图 5−93　变形方向设置

⑤ 在图 5−93 所示的“变形量”中输入 3，单击【完成】按钮，开口弹簧垫圈右侧向上变形，如图 5−94 所示（为了方便查看，隐藏了螺栓）。

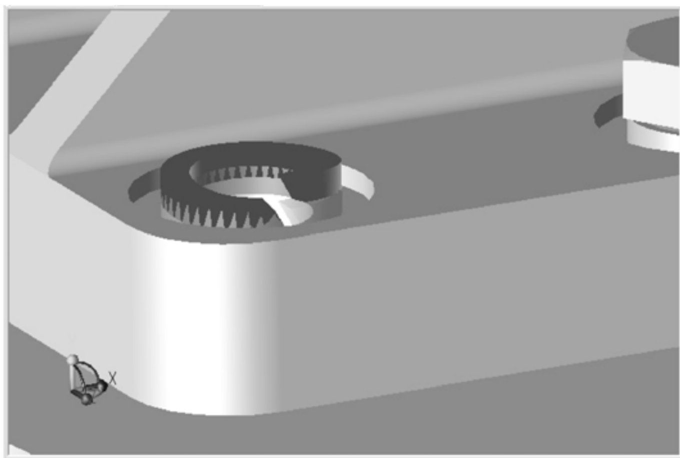


图 5−94　开口弹簧垫圈变形后的效果

⑥ 选择“步骤 1”节点，定义螺栓的螺旋运动，如图 5−95 所示，单击【反向】按钮，选择“螺距”为 1，输入“圈数”为 3，螺栓的轴向运动距离是等于 3（螺距乘以圈数），这里的轴向移动距离要保证与之前定义的变形量一致，这样螺栓在安装过程中挤压开口弹簧垫圈的动画过程才配合的好。螺栓的螺旋运动定义完后如图 5−96 所示。

⑦ 选择“步骤 1”下“垫圈活动 1”节点，在属性中的【轨迹内容】标签页可修改变形参数，修改播放模式为“反向播放”。

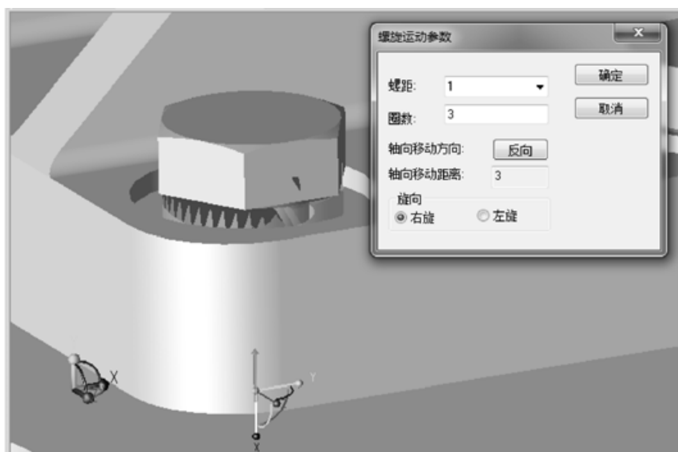



图 5-95　定义螺栓的螺旋运动

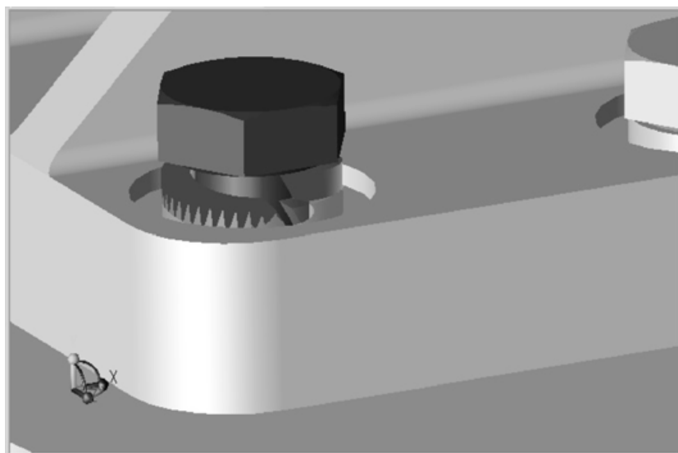


图 5-96　螺栓的螺旋运动定义完后的效果

⑧ 选择“步骤 1”节点，选择右键菜单中的【调整活动顺序】命令，将定义螺栓的“拆卸活动 1”和“垫圈活动 2”调整到并行，如图 5-97 所示。

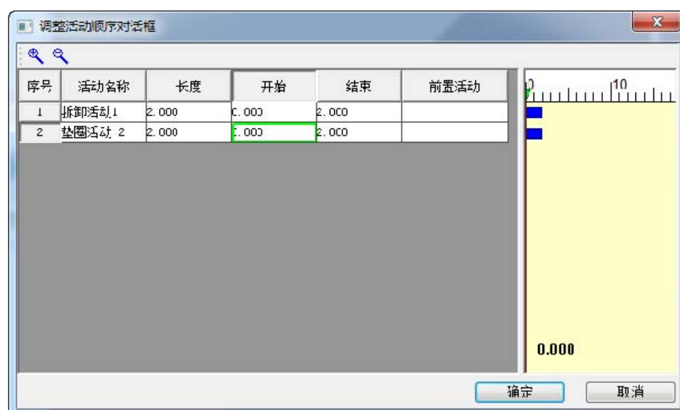



图 5-97　调整活动顺序

⑨ 对“步骤 1”仿真播放，可以看到螺栓旋入时，逐渐将开口弹簧垫圈的右侧压平。

### 5.6.4 弹簧

① 接上节样例，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【变形活动】按钮，在【变形活动】对话框中选择“弹簧”后单击【下一步】按钮（注意：需加载“弹簧”的模型数据）。

② 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择要变形的弹簧，弹簧上显示定位夹，如图 5-98 所示。*Z* 轴方向的红色箭头线为弹簧轴线，*X* 轴方向的蓝色箭头线表示弹簧变形的分界线，一般情况下需要移动定位夹 *Z* 轴更改变形的分界线。

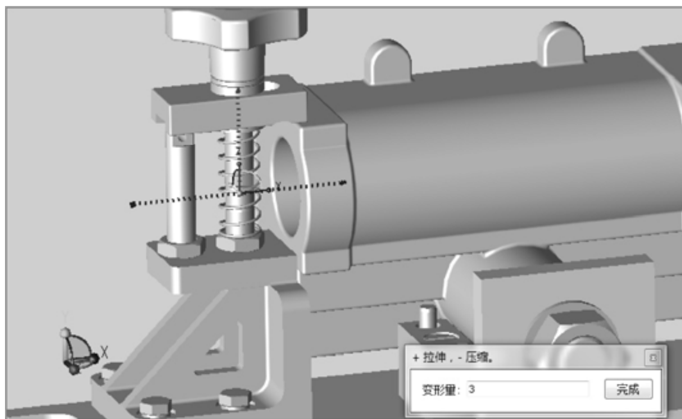



图 5-98 选择弹簧

③ 移动定位夹 *Z* 轴至弹簧尾部，如图 5-99 所示，分界面在弹簧的一端，表示分界线所在的弹簧一端不变，弹簧另一端进行拉伸或压缩的变形。若分界线在弹簧中心，表示弹簧两端进行拉伸或压缩的变形（注意：在拖动定位夹改变变形分界线时，要单击 *Z* 轴进行鼠标移动，才能保证 *Z* 轴的轴线方向不变，弹簧变形效果正常）。

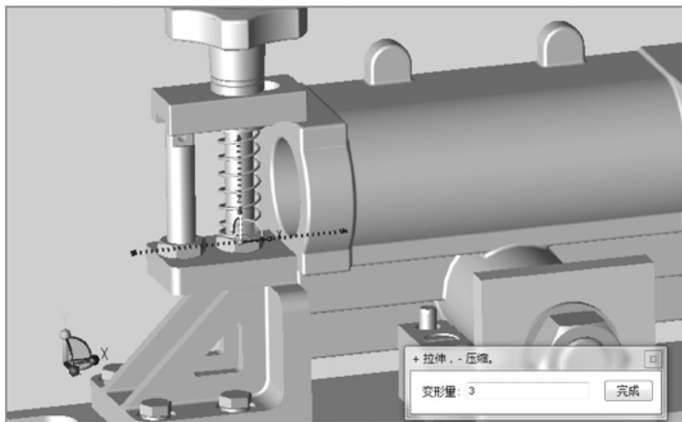



图 5-99 更改变形分界线

④ 在调整完成变形分界线后，在图 5-99 所示的“变形量”中输入数值，输入正数表示弹簧拉伸变形，输入负数表示弹簧压缩变形。这里输入的变形量为 3，单击【完成】按钮，

弹簧变形后的效果如图 5-100 所示。

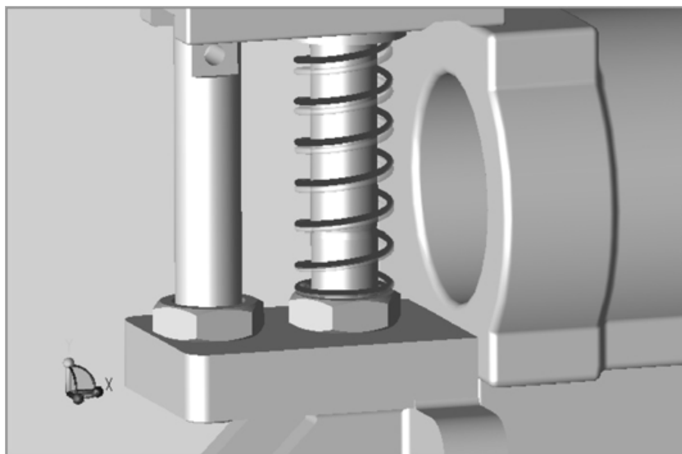



图 5-100　弹簧变形活动

⑤ 选择“步骤 1”下“弹簧活动 1”节点，在属性中的【轨迹内容】标签页中可修改变形参数，修改播放模式为“反向播放”。

⑥ 弹簧变形活动定义完成后，由于该样例模型中弹簧是通过上方的开关把手及垫圈向下拧紧挤压压板来将弹簧压紧变形，所以需要定义把手的螺旋运动、压板上面垫圈的直线运动、压板的旋转运动及压板下面垫圈的直线运动。定义把手的螺旋运动时，因定位夹所示的旋转轴线不在把手的中心轴上，需要调整定位夹方位，调整后如图 5-101 所示。定义把手的螺旋运动后，再定义压板上面垫圈的直线运动。

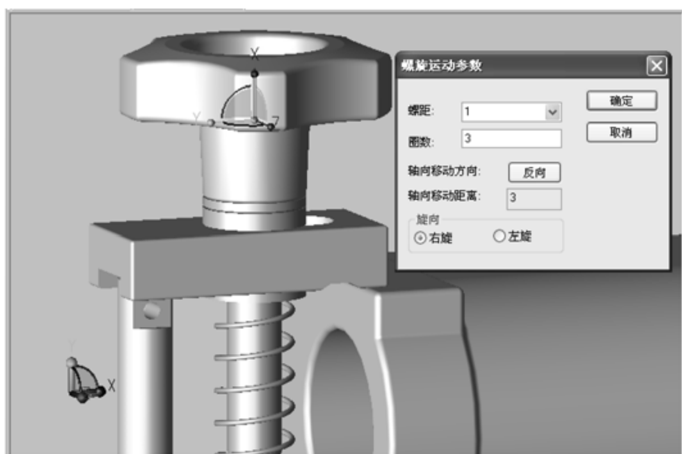



图 5-101　定义把手的螺旋运动

⑦ 压板是绕左边的支撑柱旋转压紧，所以需要定义压板的旋转运动。选择压板后，因定位夹所示的旋转轴线不在支撑柱上端绕轴的中心线上，需要调整定位夹方位，调整后如图 5-102 所示。双击定位 $X$-$Y$ 轴间的圆弧线，圆弧线加亮显示后双击鼠标左键，在弹出的输入框中输入-5 后按〈Enter〉键，压板将沿逆时针方向旋转 5°，如图 5-103 所示。



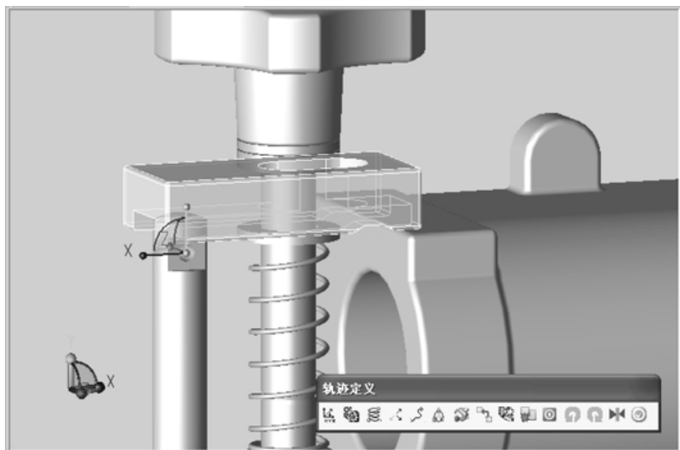



图 5-102　定义压板拆卸活动

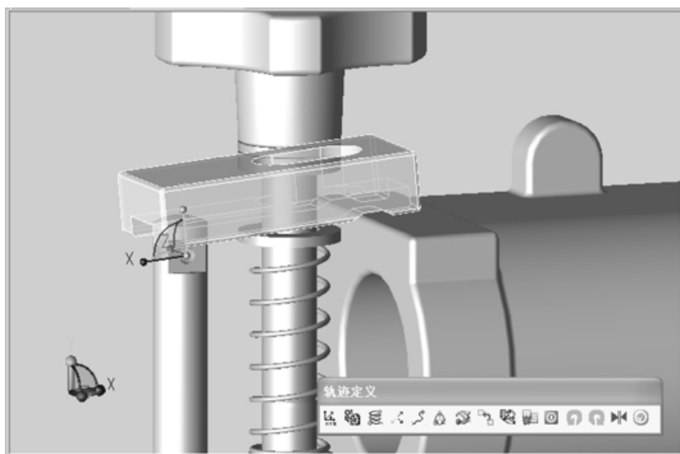



图 5-103　压板沿逆时针方向旋转 5°

⑧ 定义压板下面垫圈的直线运动，向上移动一小段距离。

⑨ 选择“步骤 1”节点，选择右键菜单中的【调整活动顺序】命令，将弹簧活动与其他拆卸活动并行，如图 5-104 所示，即完成弹簧下压变形过程。仿真播放可观察运动效果。




图 5-104　调整活动顺序

### 5.6.5　开口销

图 5-105 所示为带槽螺母和开口销示意图，两底板通过螺栓连接，用带槽螺母紧固，安装开口销防止螺母松动。

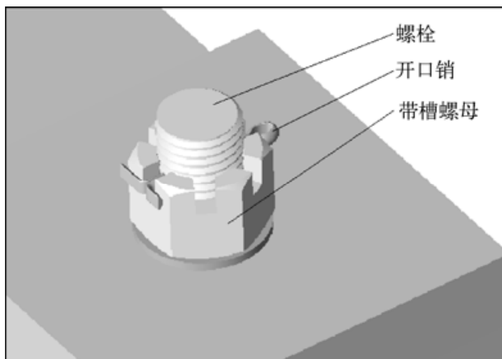



图 5-105　带槽螺母和开口销示意图

① 打开【样例文件\工艺文件\开口销-cs.kmapd】文件，创建“步骤 1”并添加所有零件。

② 首先拆卸开口销，由于需要将开口销两侧变直才能拆卸，所以先定义开口销的变形活动。加载开口销的模型数据，选择“步骤 1”，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【变形活动】按钮，在【变形活动】对话框中选择“开口销”后单击【下一步】按钮。

③ 根据状态栏提示，单击选择开口销一侧圆柱面（若有模型遮挡开口销，可先进行隐藏，完成操作后再取消隐藏），如图 5-106 所示选择的是开口销一侧圆柱面，在开口销上显示定位夹，*X* 轴方向出现蓝色箭头线，如图 5-107 所示（如果蓝色箭头方向与开口销折弯处不一致，则需要调整定位夹方位），在【变形数据】对话框中的“变形量”选择“变直”，单击【完成】按钮，结果如图 5-108 所示。

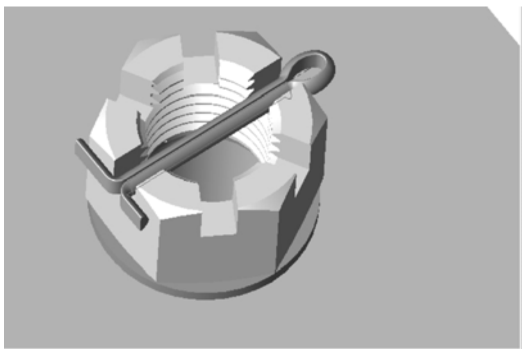


图 5-106　选择开口销一侧圆柱面

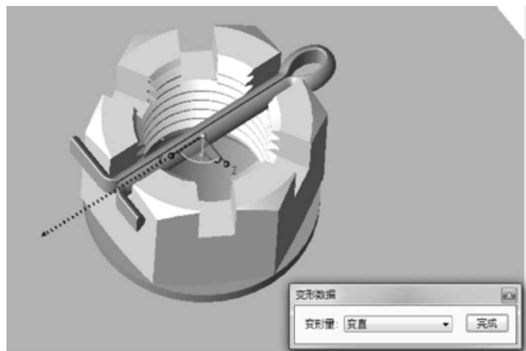



图 5-107　开口销上显示定位夹

**注意：** 变直是指将开口销折弯处变形成直线；还原是指将开口销变直的变形活动还原成原始折弯状态。

④ 同样方法定义开口销另一侧的变形活动，选择开口销另一侧圆柱面，如图 5-109 所示，此时蓝色箭头方向与开口销弯曲处不一致，需要调整定位夹方位，方法为用鼠标选择

*X*-*Y* 轴间的圆弧线，圆弧线加亮显示后双击鼠标左键，在弹出的输入框中输入 180 后按〈Enter〉键，*X* 轴将旋转 180°，如图 5-110 所示，在【变形数据】对话框中的“变形量”选择“变直”，单击【完成】按钮，结果如图 5-111 所示。

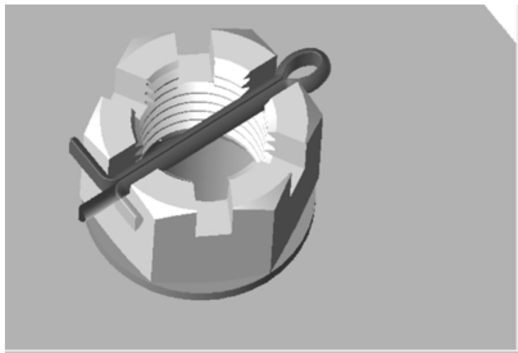


图 5-108　开口销一侧变形结果

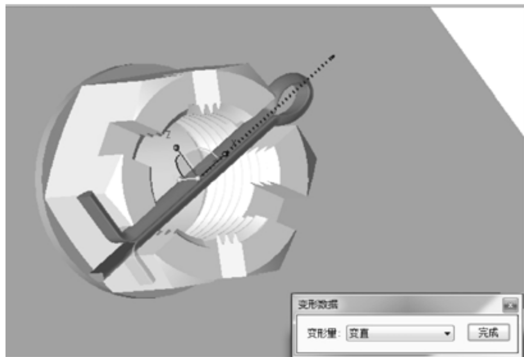



图 5-109　选择开口销另一侧圆柱面

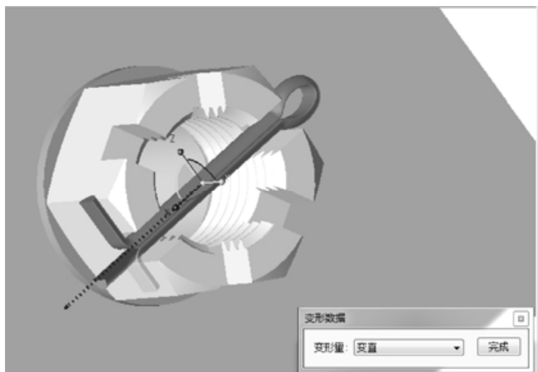



图 5-110　调整蓝色虚线箭头方向

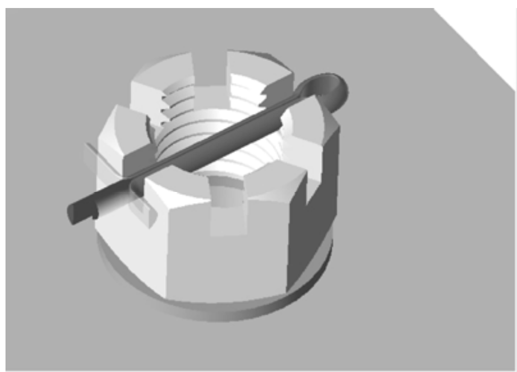


图 5-111　开口销两侧变形结果

⑤ 将开口销变形活动的播放模式改为“反向播放”，这样在仿真播放时开口销两侧才能由直变弯。选择在“步骤 1”下的“开口销活动 1”“开口销活动 2”节点，在属性中的【轨迹内容】标签页中将播放模式改为“反向播放”。

⑥ 开口销变形活动定义完成后拆卸开口销，如图 5-112 所示，然后继续拆卸带槽螺母、垫圈、螺栓及上底板，即完成整个拆卸活动定义。仿真播放时，最后安装开口销后，开口销两侧会折弯锁紧螺母。

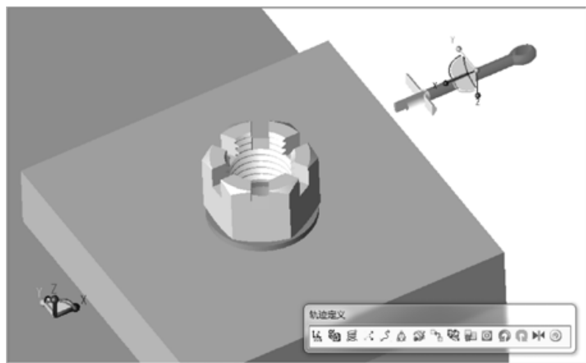



图 5-112　定义开口销的直线运动

# 5.7　标准工具活动

在装配过程中往往会使用工具进行辅助装配，通常情况下引入工具后需要通过约束进行定位，定位过程比较繁琐。3DCAPP-A 中建立了标准工具库，包括各类锄头、旋具、扳手、量具，系统通过智能识别功能可以简化工具的定位及运动方式的定义。

## 5.7.1　旋具活动定义

减速机样例“安装箱盖”步骤中，注油孔盖上的 4 个螺钉是十字槽螺钉，4 个螺钉旋入后，可以使用十字槽螺钉旋具紧固。

① 选择“安装箱盖”步骤的“拆卸活动 1”，单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【标准工具活动】按钮，在弹出的标准工具库中选择“旋具”→“十字槽旋具”，如图 5-113 所示，单击【下一步】按钮。




图 5-113　标准工具库

② 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择工具的着力面，如图 5-114 所示选择的是十字槽的侧面，弹出【标准工具设置】对话框，设置十字槽旋具运动的“圈数”“螺距”“进入与退出的距离”，按图 5-115 所示设置完成后，单击【确定】按钮。

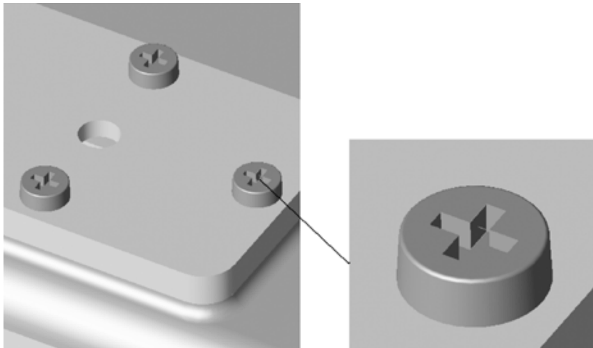


图 5-114　选取着力面




图 5-115　工具活动设置

③ 十字槽螺钉旋具出现在之前定义的面上，且在螺钉旋具头部出现定位夹，如图 5-116 所示，可对螺钉旋具进行拖动调整位置，双击鼠标左键即可完成标准工具活动的定义。

④ 在“拆卸活动 1”节点下创建节点【旋具活动 2】，单击此节点，在下方属性面板中选择【轨迹内容】标签页，可对十字螺钉旋具运动的具体参数进行修改，如图 5-117 所示。

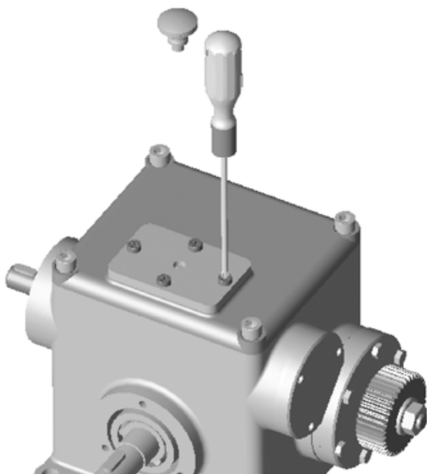


图 5-116 螺钉旋具活动

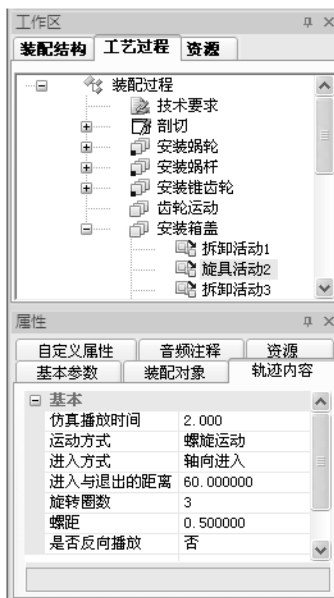



图 5-117 轨迹内容参数

⑤ 对本工序进行仿真播放，4 个十字槽螺钉安装后，十字槽螺钉旋具示意对螺钉进行紧固。

## 5.7.2 扳手活动定义

减速机样例“安装锥齿轮”步骤中，M8 螺母紧固圆柱齿轮时，可以使用扳手紧固。

① 选择“安装锥齿轮”步骤节点，单击【操作】工具栏中【装配过程】/【标准工具活动】按钮，在弹出的标准工具库中选择“扳手”→“呆头扳手”，如图 5-118 所示，单击【下一步】按钮。




图 5-118 标准工具库

② 根据状态栏提示，在三维模型视图区中选择工具的着力面，如图 5-119 所示选择的是六角螺母的上表面，弹出【标准工具设置】对话框，设置呆头扳手运动的“往复角度”“往复次数”“进入与退出的距离”，按图 5-120 所示设置完成后，单击【确定】按钮。

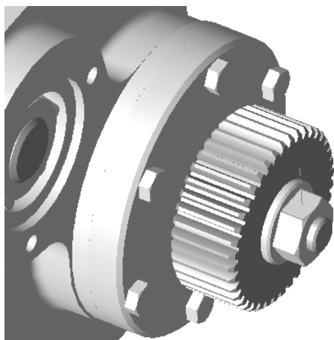


图 5-119　选择着力面




图 5-120　工具活动设置

③ 呆头扳手出现在之前定义的面上，且在呆头扳手头部位出现定位夹，如图 5-121 所示，可对扳手进行拖动调整位置。双击鼠标左键即可完成标准工具活动的定义。

④ 在步骤节点下创建节点“扳手活动 1”，单击此节点，在下方属性面板中选择【轨迹内容】标签页，可对呆头扳手运动的具体参数进行修改，如图 5-122 所示。

⑤ 对本工序进行仿真播放，最后一步螺母 M4 安装后，呆头扳手示意对螺母进行紧固。

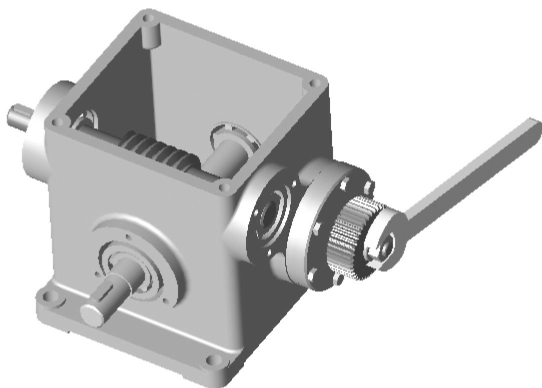


图 5-121　扳手工具活动




图 5-122　轨迹内容参数

### 5.7.3 锄头活动定义

如果某一零件安装完成后，需要用锄头示意敲击，可以进行锄头活动定义。

① 选择该零件拆卸活动的前一个拆卸活动（如果此拆卸活动是步骤下的第一个拆卸活动，则选择步骤节点），单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【标准工具活动】按钮，在弹出的标准工具库中选择锄头种类，如图 5-123 所示，单击【下一步】按钮。

② 根据状态栏提示，在三维模型视图区中单击锄头敲击面，弹出【标准工具设置】对话框，如图 5-124 所示，设置锄头运动的“往复角度”“往复次数”“进入与退出的距离”，设置完成后，单击【确定】按钮。




图 5-123 标准工具库




图 5-124 工具活动设置

③ 锄头出现在之前定义的面上，且在锄头部位出现定位夹，可对定位夹进行拖动调整位置，双击鼠标左键即可完成锄头活动的定义。

### 5.7.4 测量工具活动定义

测量工具主要包括游标卡尺、百分表、塞尺、千分尺、塞规和螺纹塞规。下面以游标卡尺为例说明测量工具活动定义方法。

减速机样例中，在“安装锥齿轮”步骤中安装锥齿轮部件时先用游标卡尺测量箱体上孔的直径及轴承套的直径，然后再安装锥齿轮部件。

① 选择“安装锥齿轮”节点下的“拆卸活动 7”，单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【标准工具活动】按钮，选择“量具”→“游标卡尺”，如图 5-125 所示，单击【下一步】按钮。

② 根据状体栏提示，选择游标卡尺的第一个测量点。如果测量的是直径，则直接单击测量的孔的内表面和轴的外表面，这里选择箱体上安装锥齿轮部件的孔的内表面，游标卡尺的测量边会定位在孔面上鼠标单击的点，如图 5-126 所示。若测量的为两平面的距离，需要依次选择被测零件的两端面。

③ 鼠标单击的点将出现定位夹，可拖动此定位夹来调整游标卡尺的方向。调整完成后，双击鼠标左键完成创建。




图 5-125　标准工具库

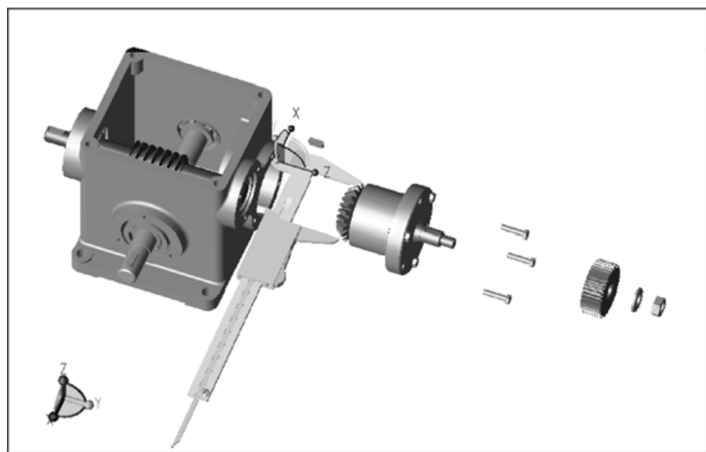


图 5-126　游标卡尺的测量边定位在选择的点

④“拆卸活动 7”下出现“游标卡尺活动 8”，但仍选择“拆卸活动 7”，单击【操作】工具栏中【工艺过程】/【标准工具活动】按钮，选择“量具”→“游标卡尺”，单击【下一步】按钮。

⑤ 选择锥齿轮部件上的轴承套的外表面，如图 5-127 所示。游标卡尺上出现定位夹，可拖动定位夹来调整游标卡尺的方向。调整完成后，双击鼠标左键完成创建。

⑥“拆卸活动 7”下出现“游标卡尺活动 8”，以前的“游标卡尺活动 8”变为“游标卡尺活动 9”。

⑦ 在 3DCAPP-A 中，仿真播放时只显示当前活动的零部件和已安装的零部件，“游标卡尺活动 8”是针对锥齿轮部件的测量，所以在此活动前需要增加锥齿轮部件的活动。选中“游标卡尺活动 8”，再选择右键菜单中的【定义拆卸活动】命令，将锥齿轮部件沿轴向移动一小段距离。

⑧ 对此步骤进行仿真播放时，可以看到先用游标卡尺测量箱体上孔的直径，再测量轴承套的直径，然后再安装锥齿轮部件。

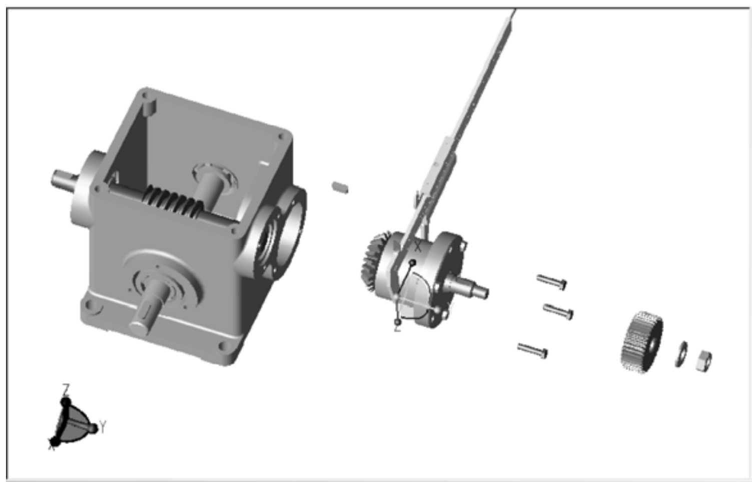


图 5-127 游标卡尺显示在轴承套的外表面

## 5.8 机构运动仿真

机构运动仿真能够可视化展示三维模型的机构运动原理，并能验证复杂机构运动过程中的运动干涉情况。主要包括连杆运动仿真、齿轮运动仿真及凸轮运动仿真。

### 5.8.1 连杆运动仿真

定义连杆运动仿真时，首先要定义连杆运动时各连接件绕相同的轴旋转的孔的约束关系，即“共轴”约束关系，然后定义固定的零件，即“固定”约束关系，最后定义连杆运动中工作件绕固定轴的运动轨迹。下面以连杆模型为例描述定义过程。

导入模型“样例文件\模型文件\连杆\4bar1.sldasm”，模型如图 5-128 所示。因为在后面定义过程中需要捕捉三维模型的特征点、线、面，所以在这里加载模型数据。

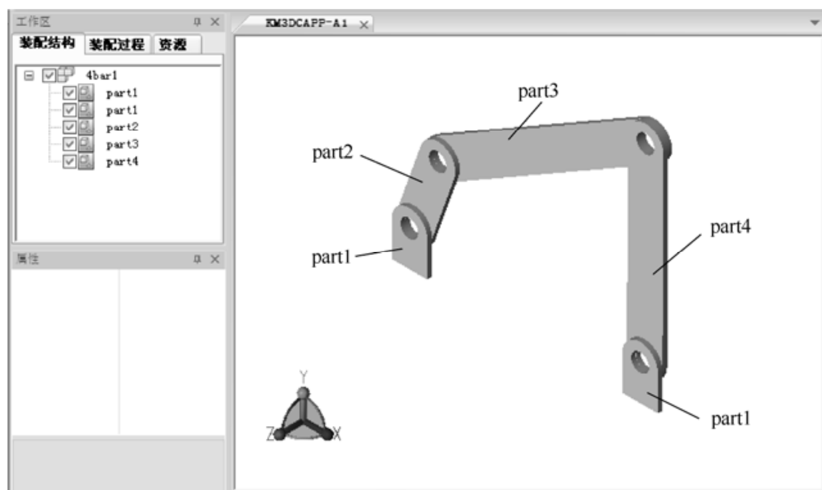



图 5-128 连杆运动仿真模型

① 规划工序和配套件：规划“步骤 1”，加入所有零件为配套件。

② 定义拆卸活动：选择“步骤 1”节点，选择右键菜单中的【定义拆卸活动】命令，出现【轨迹定义】工具条，选择连杆运动中工作件，如图 5-129 所示。

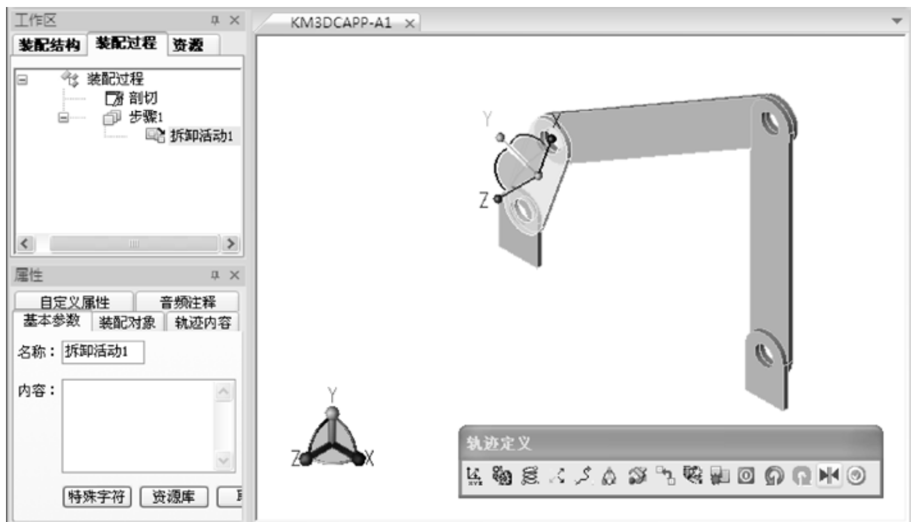



图 5-129　选择连杆运动中工作件

③ 单击【轨迹定义】工具条上的按钮，弹出【添加运动仿真约束】对话框，在“约束关系”下拉列表框中选择“共轴”，如图 5-130 所示。

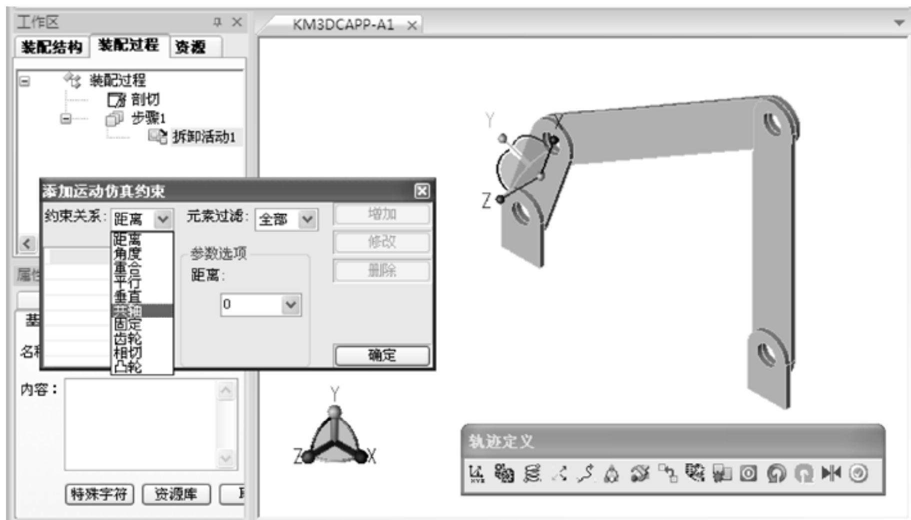



图 5-130　选择约束关系中的共轴

④ 在三维模型视图区中，定义绕同一个轴旋转的两个孔面，选择左边“part1”零件的孔面，中心线加亮显示，如图 5-131 所示，单击鼠标左键。然后选择“part2”零件的孔面，中心线加亮显示，如图 5-132 所示，单击鼠标左键。在【添加运动仿真约束】对话框单击【增加】按钮，“共轴”约束关系增加完成。

⑤ 按同样的方法增加另外 3 个“共轴”约束关系，完成后的【添加运动仿真约束】对话框如图 5-133 所示。

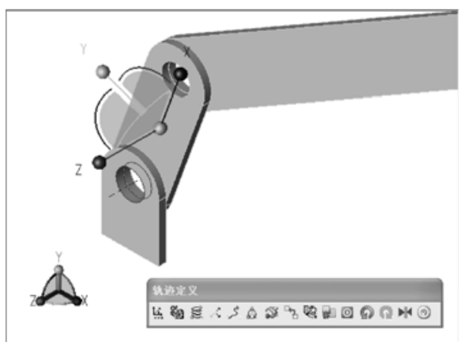


图 5-131　选择左边“part1”零件的孔面

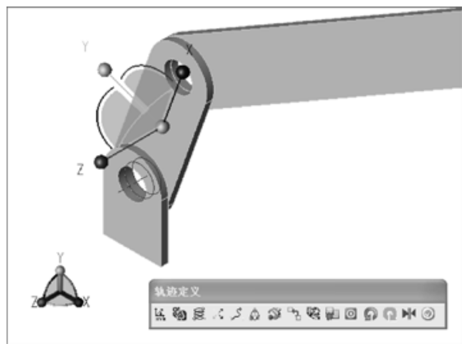


图 5-132　选择“part2”零件的孔面

⑥“共轴”约束关系定义完成后，再定义“固定”约束关系，定义左边【part1】零件的面，该面加亮显示，如图 5-134 所示，单击鼠标左键，在【添加运动仿真约束】对话框中单击【增加】按钮，“固定”约束关系增加完成；用同样的方法定义右边“part1”零件的面为【固定】约束关系，如图 5-135 所示。所有约束关系定义完成后，【添加运动仿真约束】对话框如图 5-136 所示。




图 5-133　定义了 4 个共轴的约束关系

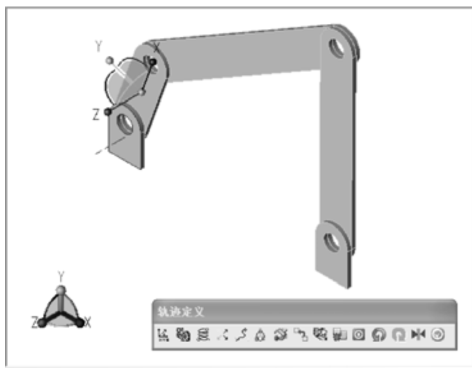


图 5-134　选择左边“part1”零件的面

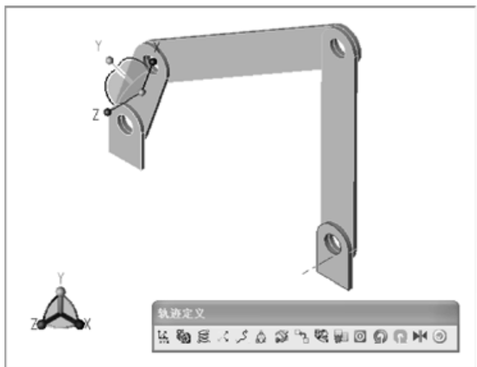


图 5-135　选择右边“part1”零件的面

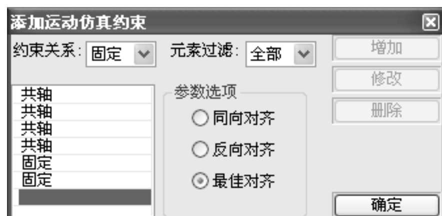



图 5-136　定义了两个固定的约束关系

⑦“共轴”和“固定”约束关系定义完成后，需要定义连杆运动中主动的零件绕轴旋转的运动轨迹。定位夹在“part2”零件的中间，如果要定义“part2”绕“part1”和“part2”间的轴线旋转，需要将定位夹原点移到“part1”的孔的中线点。单击【轨迹定义】工具条中的按钮，选中定位夹原点，原点加亮显示，如图 5-137 所示，然后按住〈Alt〉键，将鼠标移动到“part1”的孔的上边缘，上圆弧将加亮显示且中心点显示出来，如图 5-138 所示，单击鼠标左键，定位夹原点移动到圆弧的中心点，如图 5-139 所示，再次单击【轨迹定义】工具条中的按钮，完成定位夹的定位。

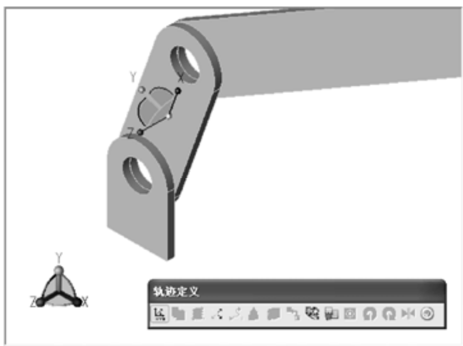



图 5-137　选中定位夹原点

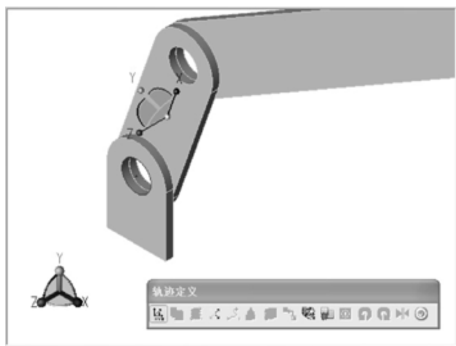



图 5-138　圆弧的中心点显示出来

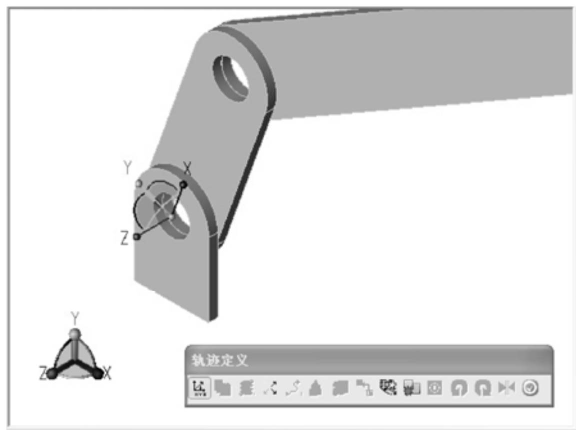



图 5-139　定位夹原点移动到圆弧的中心点

⑧ 定义“part2”绕 *Z* 轴旋转：选中定位夹上 *X*、*Y* 轴间的红色圆弧，圆弧加亮显示呈白色，如图 5-140 所示，定义“part2”绕 *Z* 轴逆时针旋转几周，单击【轨迹定义】工具条中的按钮，完成定义。仿真播放效果如图 5-141 所示。

## 5.8.2　齿轮运动仿真

定义齿轮运动仿真时，首先要定义工作件（传动轴）与齿轮的约束关系、主动轮与从动轮的约束关系，以上均为“齿轮”约束关系。定义两个齿轮的约束关系时，选择齿轮的中心轴（外齿轮一般通过选择齿轮的孔确定中心轴，内齿轮一般通过选择齿轮的外表面确定中心轴），然后定义齿轮运动中工作件绕固定轴的运动轨迹。下面以减速机中蜗轮、蜗杆及锥齿轮传动为例描述定义过程。

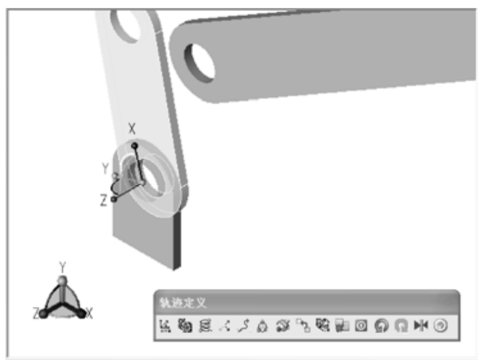



图 5-140　定义【part2】绕 Z 轴逆时针旋转几周

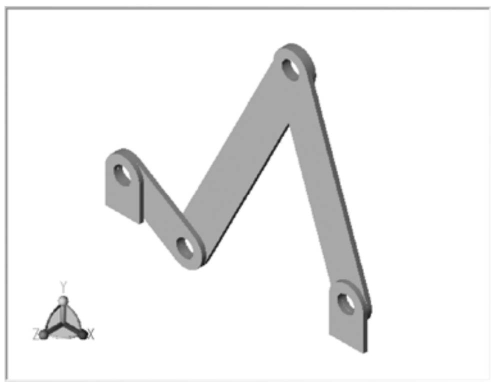


图 5-141　连杆运动仿真

前面章节中在“减速机（子装配拆散）.kmapd”中已建步骤“齿轮运动”，并选择了配套件。

① 选择“齿轮运动”节点，选择右键菜单中的【定义拆卸活动】命令，出现【轨迹定义】工具栏。为了方便选择内部零件，将箱体隐藏，选择齿轮运动中工作件（蜗杆），如图 5-142 所示。

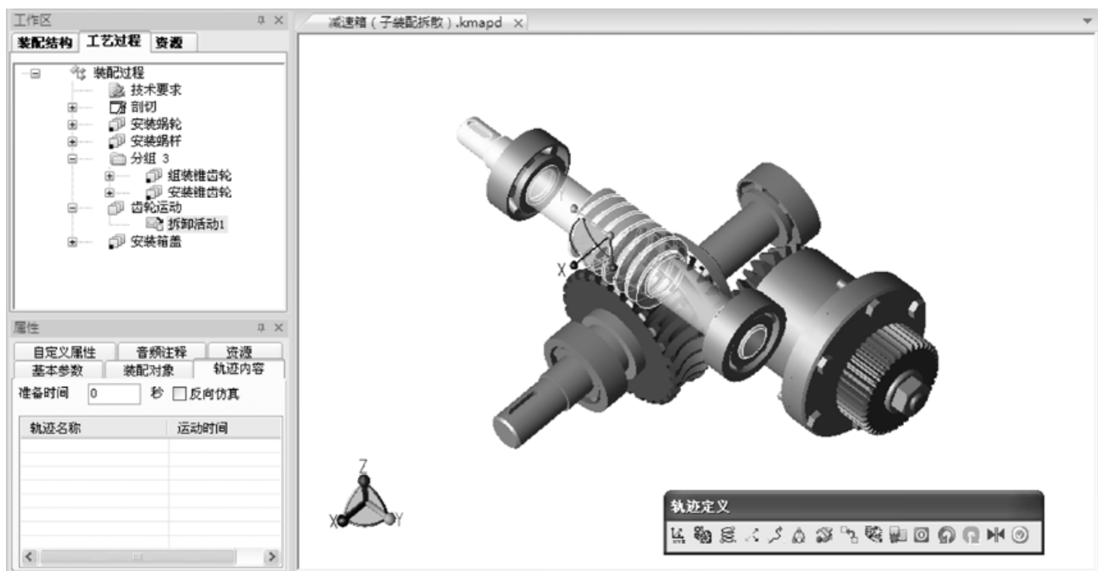



图 5-142　齿轮模型

② 单击【轨迹定义】工具条上的按钮，弹出【添加运动仿真约束】对话框，在“约束关系”下拉菜单选择“齿轮”，如图 5-143 所示。

③ 定义蜗杆与蜗轮的约束关系：选择蜗杆的中心轴（选择蜗杆轴的外表面，待中心线显示出来后单击鼠标左键确定），如图 5-144 所示。然后选择蜗轮的中心轴，可将蜗轮轴及轴承隐藏，以便选择，如图 5-145 所示。在【添加运动仿真约束】对话框中单击【增加】按钮，“齿轮”约束关系增加完成。

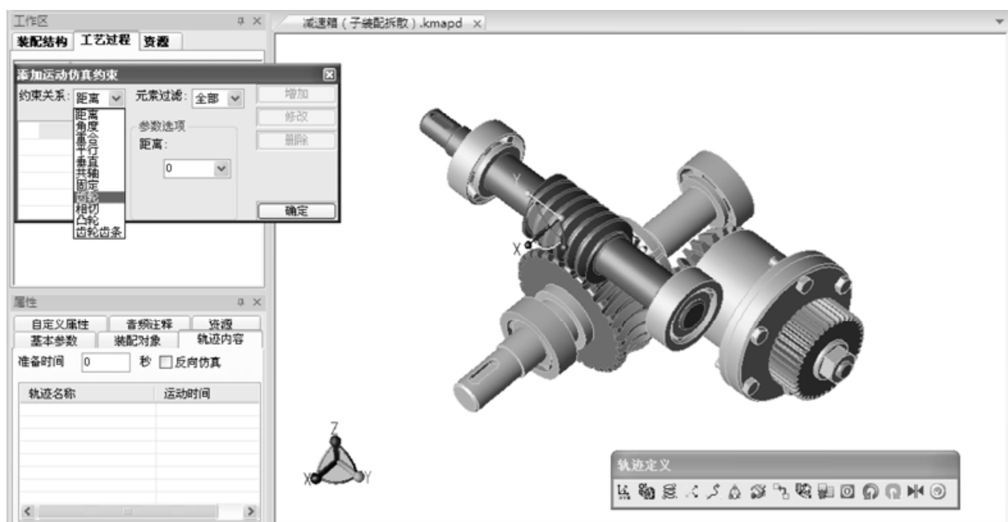



图 5-143　选择约束关系中的齿轮

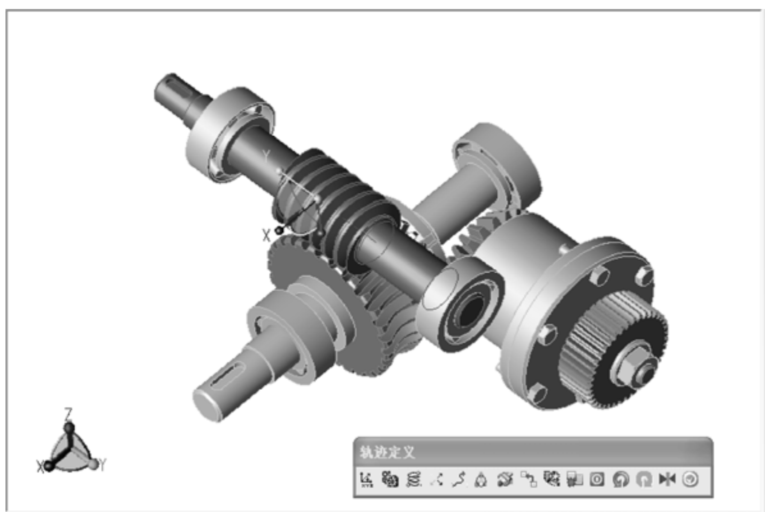



图 5-144　选择蜗杆的中心轴

④ 定义蜗轮与蜗轮轴的约束关系：选择蜗轮的中心轴，如图 5-146 所示。然后将蜗轮轴显示出来，选择蜗轮轴的中心轴，如图 5-147 所示，在【添加运动仿真约束】对话框单击【增加】按钮，“齿轮”约束关系增加完成。

⑤ 定义蜗轮轴与锥齿轮的约束关系：将模型调整方位，选择蜗轮轴的中心轴，如图 5-148 所示。然后将蜗轮轴、螺母 M20、垫圈 20 隐藏，选择锥齿轮的中心轴，如图 5-149 所示，在【添加运动仿真约束】对话框单击【增加】按钮，“齿轮”约束关系增加完成。

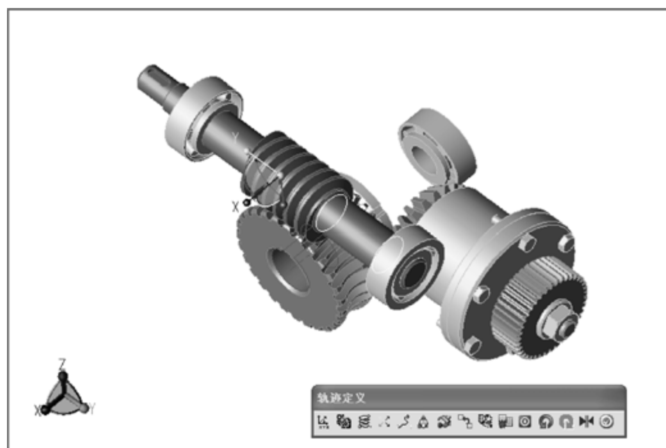



图 5-145　选择蜗轮的中心轴

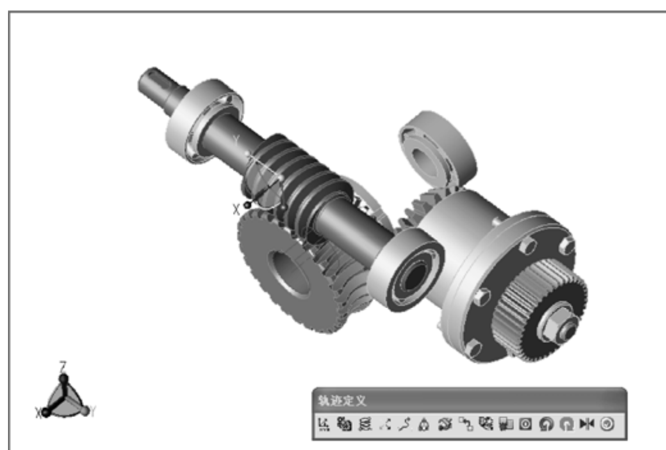



图 5-146　选择蜗轮的中心轴

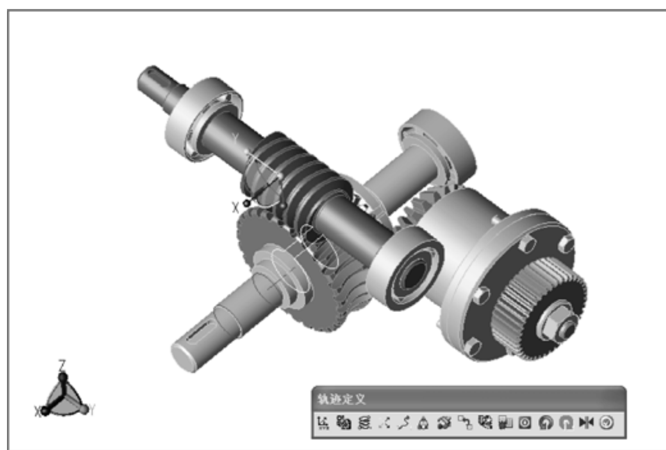



图 5-147　选择蜗轮轴的中心轴

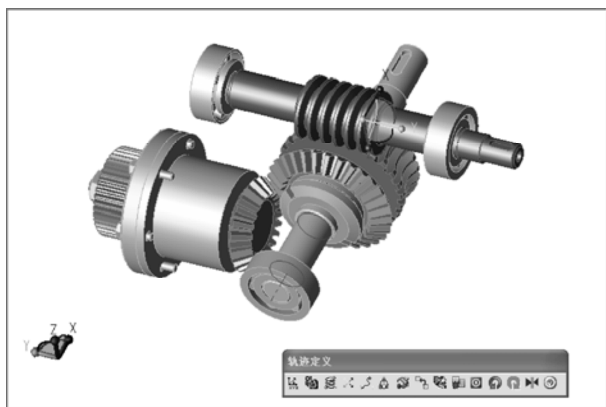



图 5-148　选择蜗轮轴的中心轴

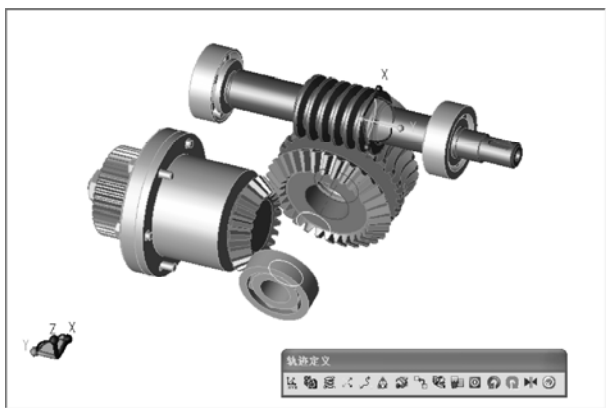



图 5-149　选择锥齿轮的中心轴

⑥ 定义锥齿轮与锥齿轮轴的约束关系：选择锥齿轮的中心轴，如图 5-150 所示。选择锥齿轮轴的中心轴，将轴承套等隐藏，以方便选择，如图 5-151 所示，在【添加运动仿真约束】对话框中修改传动比为“−1”，单击【增加】按钮，“齿轮”约束关系增加完成（注意：锥齿轮的传动比为“−1”）。

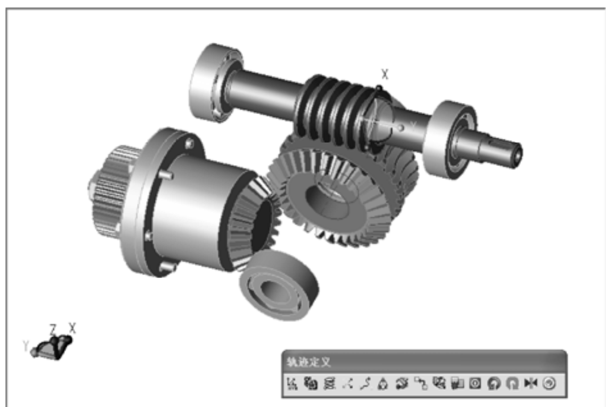



图 5-150　选择锥齿轮的中心轴

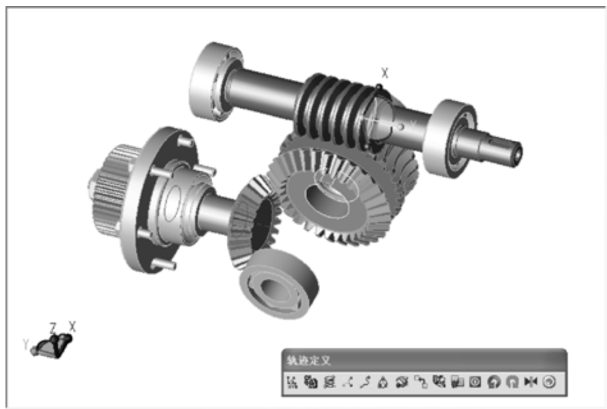



图 5-151 选择锥齿轮轴的中心轴

⑦ 定义锥齿轮轴与圆柱齿轮的约束关系：选择锥齿轮轴的中心轴，如图 5-152 所示。选择圆柱齿轮的中心轴，将锥齿轮轴等隐藏，以方便选择，如图 5-153 所示，在【添加运动仿真约束】对话框中修改传动比为“1”，单击【增加】按钮，“齿轮”约束关系增加完成。至此定义了 5 个“齿轮”约束关系，如图 5-154 所示。

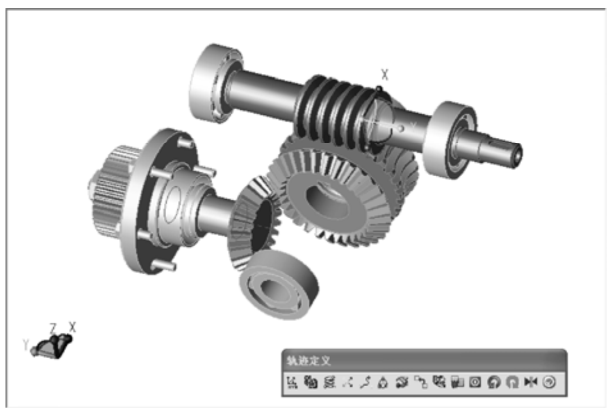



图 5-152 选择锥齿轮轴的中心轴

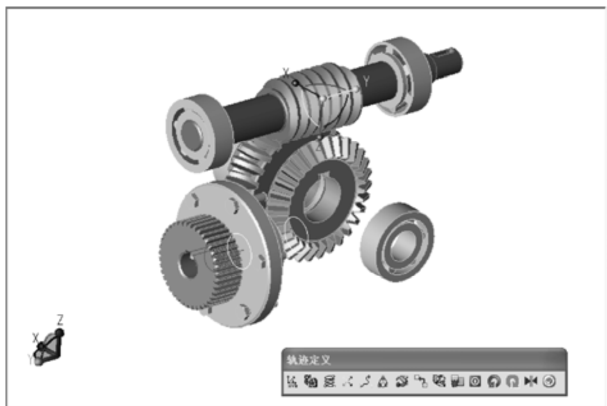



图 5-153 选择圆柱齿轮的中心轴




图 5-154　定义了 5 个齿轮约束关系

⑧ 约束关系定义完成后，需要定义齿轮运动中工作件绕轴旋转的运动轨迹。选中定位夹上 *X*、*Z* 轴间的圆弧，圆弧加亮显示呈白色，定义传动轴绕 *Y* 轴逆时针旋转几周，单击【轨迹定义】工具条中的按钮，完成定义。

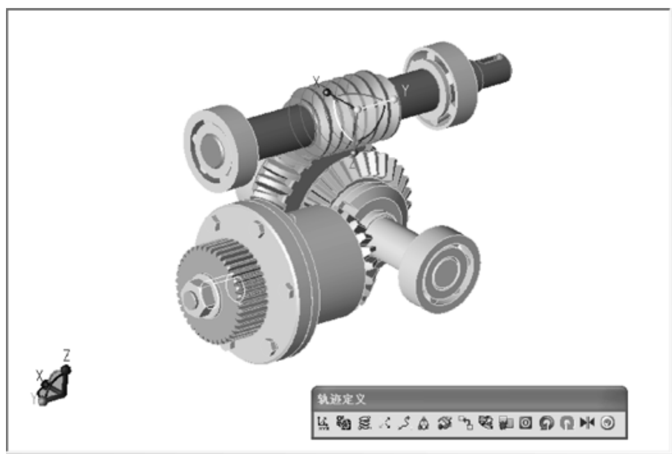



图 5-155　定义蜗杆绕 *Y* 轴旋转

⑨ 将隐藏的零件显示出来进行仿真播放，具体过程为蜗杆带动蜗轮旋转，蜗轮带动蜗轮轴旋转，蜗轮轴带动锥齿轮旋转，锥齿轮带动锥齿轮轴旋转，锥齿轮轴带动圆柱齿轮旋转。

该拆卸活动的运动时间默认为 2s，为了达到较好的仿真效果，可在属性区修改运动时间，如调整为 8s，齿轮运动仿真的效果比较好。

### 5.8.3　凸轮运动仿真

凸轮运动仿真定义方法与前面介绍的方法类似，选择凸轮运动中工作件后，在【添加运动仿真约束】对话框的“约束关系”下拉列表框中选择“凸轮”，然后选择工作件的面、另一个零件的切面、工作件的切面，完成“凸轮”约束关系定义。根据情况增加“固定”约束关系，可实现凸轮运动仿真。

## 5.9　技术图解

### 5.9.1　标记

标记功能可以在三维模型视图区中创建特殊的示意图，包含徒手画线、矩形、圆形、箭

头、圆形箭头、直角箭头、圆点。【操作】工具栏中【技术图解】/【标记】的下拉菜单中有对应的命令，如图 5-156 所示。下面以插入箭头为例说明标记的操作方法。

① 在装配过程树上选择需要插入标记的步骤（或活动）节点，这里选择“安装锥齿轮”下的“拆卸活动 7”节点，即安装齿轮轴部件活动。

② 选择图中【箭头】命令，出现一个红色箭头，箭头顶部粘在鼠标上，单击鼠标左键确定箭头顶点位置，拖动鼠标确定箭头的长度和方位，单击鼠标左键确定，箭头创建完成，如图 5-157 所示。

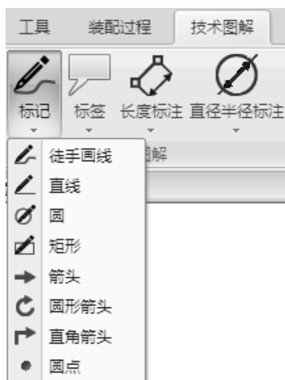



图 5-156　标记中的命令

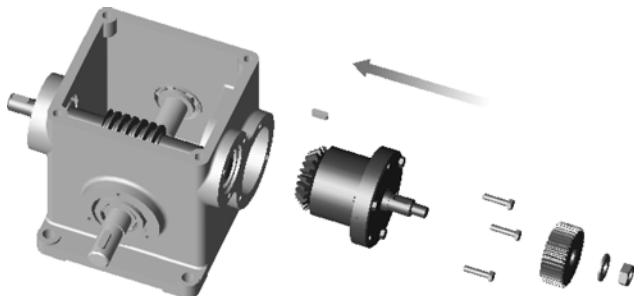


图 5-157　插入箭头

## 5.9.2　合并序号标注

如果需要将多个序号标注合并成一个序号标注，可以使用“合并序号标注”功能。

① 在装配过程树下选择有多个序号标注的步骤节点，如“安装蜗杆”节点。

② 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【合并序号】按钮，按住〈Ctrl〉键，鼠标左键单击三维模型视图区中的多个序号标注（如选择②、①、③），如图 5-158 所示。标注的附着点在选择的第一个序号对应的零件上。

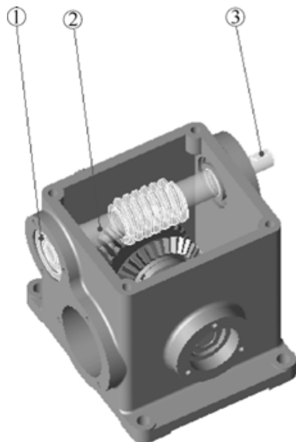



图 5-158　选择多个序号标注

③ 在三维模型视图区中空白处单击鼠标左键，序号标注自动合并，并跟随鼠标左键移

动，如图 5-159 所示，此时可按〈Esc〉键退出合并，恢复合并前的状态；

④ 序号标注自动合并，跟随鼠标左键移动时，可按空格键切换序号标注的样式，如图 5-160 所示，当调整成图示样式时可以按键盘〈↑〉或〈↓〉键来切换序号标注样式。

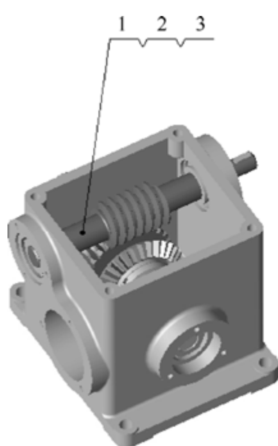



图 5-159 序号标注自动合并

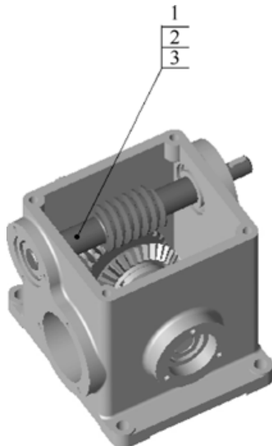



图 5-160 切换序号标注的样式

⑤ 确定序号标注位置后，单击鼠标左键完成合并序号标注。

## 5.9.3 尺寸测量

在装配过程中，有时需要查看装配件之间的配合尺寸，用户可以使用尺寸测量功能标注出尺寸值。尺寸测量包括长度测量、直径半径测量和距离角度测量，所有测量都需要对被测模型加载模型数据。【操作】工具栏中【技术图解】/【长度标注】、【直径半径标注】、【距离角度标注】的下拉菜单中有对应的命令，如图 5-161 所示。下面以直径测量为例说明尺寸测量的操作方法。




图 5-161 尺寸测量的对应命令

① 在装配过程树中选择需要插入测量的步骤（或活动）节点，这里选择“安装蜗轮”下的“拆卸活动 1”节点。

② 选择图中【直径半径标注】/【直径标注】命令，在三维视图中选择需要测量的圆

弧，如选择轴承的外径圆弧，系统自动测量出直径值，移动鼠标改变文本框的位置，单击鼠标左键确定。同样的方法可标注出箱体上安装此轴承的孔径，如图 5-162 所示。

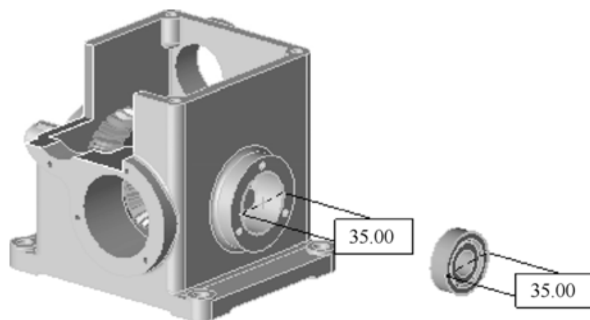



图 5-162　直径测量

## 5.9.4　标签标注样式管理

标签标注的样式是可以定义的，如外框、颜色、线型、线宽、字体、字号、BOM 表格的信息项等。

下面以标签样式为例介绍设置方法。

① 单击【操作】工具栏中【技术图解】/【样式管理】按钮，显示样式管理面板，如图 5-163 所示。

② 在“样式类型”下拉列表框中选择需要修改的样式类型，对样式的引线、外框、文本等进行设置，单击【应用】按钮，再次标注时按新的样式标注。

③ 在三维模型区中选择先前添加的标签标注，单击样式管理面板上的【刷新视图】按钮，标签标注会按当前设置的样式显示。

④ 在图 5-163 中单击【新建】按钮，弹出图 5-164 所示对话框，输入样式名称，设置样式后，即新建了一种样式，在标注时，可在图 5-163 的“样式名称”下拉列表框中选择样式进行标注。

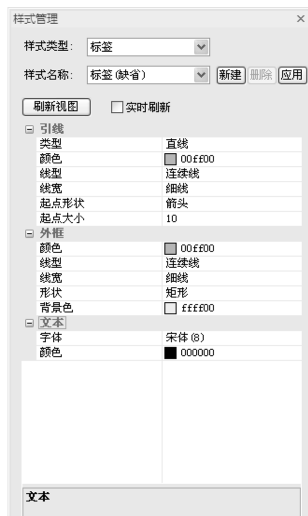



图 5-163　样式管理面板




图 5-164　输入新样式名称

# 5.10　装配工艺性评价

装配过程定义完成后，系统提供了动态干涉检查、实时干涉检查等装配工艺性评价功能。

## 5.10.1　动态干涉检查

在装配或拆卸仿真的过程中，用户有时需要检查被装配的零部件和其他零部件之间是否有干涉，并出具干涉检查报告。由于干涉检查需要消耗大量的计算机资源，通过干涉检查配置，系统将干涉检查限定在一个较小的范围之内进行，并在配置中指定需要进行干涉检查的对象，以及指定需要和干涉检查对象进行干涉检查运算的零部件。

在减速机样例的“安装蜗轮”步骤中，松开螺母 M20 后，将蜗轮轴及左端轴承、平键 16×5、平键 26×5 向箱体外移动合适距离，才能顺利拆卸螺母 M20、垫圈 20、锥齿轮、挡圈及蜗轮，因蜗轮宽度最大，所以移动的距离要大于蜗轮的宽度。如果移动的距离小于蜗轮的宽度，在安装蜗轮时会与蜗轮轴发生干涉。

将“安装蜗轮”步骤下的“拆卸活动 3”重新定义轨迹，移动较小一段距离。

动态干涉检查操作方法如下。

① 选择“安装蜗轮”步骤下的“拆卸活动 8”(拆卸蜗轮)，选择右键菜单中的【定义该活动的干涉检查点…】命令，弹出【干涉检查设置】对话框，如图 5-165 所示。

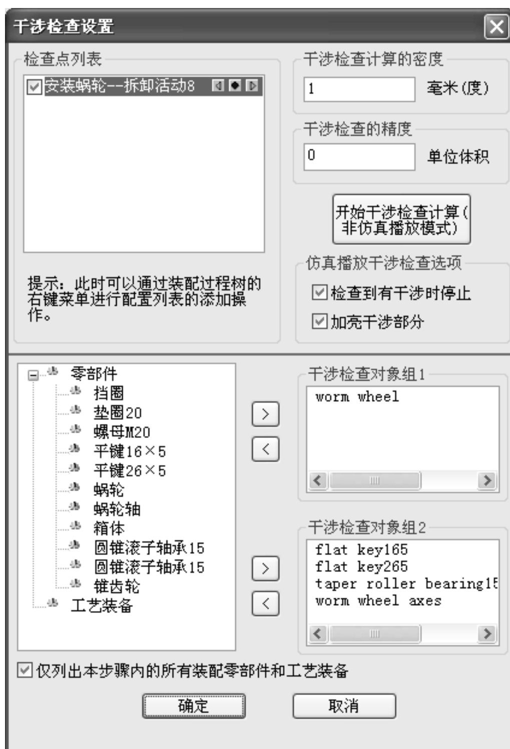



图 5-165　干涉检查设置对话框

② 定义干涉检查点及干涉检查设置：被选活动节点作为检查点自动加入干涉检查点列表，当前拆卸活动的装配对象自动添加到干涉检查对象组 1，当前拆卸活动的下一个拆卸活动中的零部件自动添加到干涉检查对象组 2。

**检查点列表：**定义干涉检查点。只有勾选干涉检查点，在仿真播放时才可以进行干涉检查。

- 用于对单个活动进行干涉检查。
- 按下时，在三维视图中播放该检查点的装配活动。
- 按下时，在三维视图中播放该检查点的拆卸活动。
- 按下时，表示播放时将根据该检查点相应的配置进行干涉检查。

**干涉检查对象组：**干涉检查对象组左侧是装配结构树，可向干涉检查对象组中加入对象。在装配结构树中选择对象，单击按钮 >，则添加到干涉检查对象组中；若从干涉检查对象组中删除对象，在干涉检查对象组中选中需删除的对象，再单击按钮 < 即可。这里将干涉检查对象组 2 中只保留蜗轮轴，其余零件删除，如图 5-166 所示。

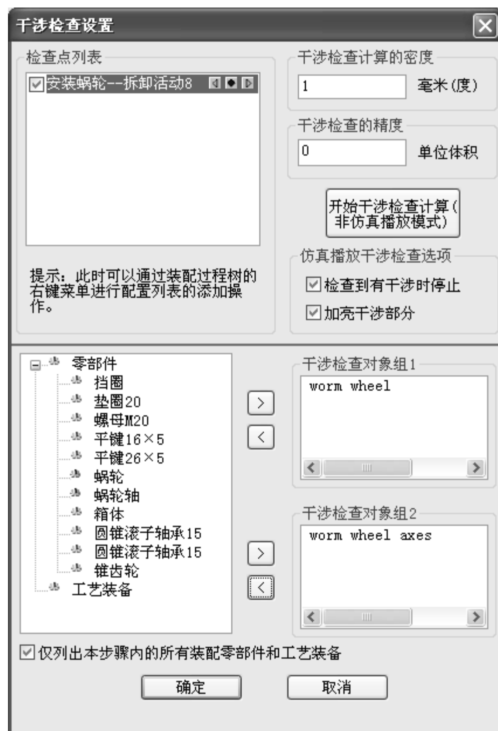



图 5-166　设置干涉检查对象组中的零件

**干涉检查计算的密度：**用于控制两次干涉检查之间的间隔距离或转角，单位是毫米（mm）或度（°）。

**干涉检查的精度：**干涉检查阈值，表明大于或等于该精度值时系统才认为存在干涉。

**仿真播放干涉检查选项：**系统在仿真播放中检查到干涉时有两种提示方式，一是“检查到有干涉时停止”，勾选该复选框表示在仿真播放过程中若检查到干涉将暂停播放；二是“加亮干涉部分”，勾选该复选框时表示在仿真播放过程中若检查到干涉将加亮显示干涉的零

部件。将两项都勾选。

**输出干涉检查报告：**单击【开始干涉检查计算（非仿真播放模式）】按钮，进行干涉检查计算，干涉检查结束后，如果有干涉现象，将弹出【干涉检查报告】对话框，显示所有干涉内容；若没有发生干涉，则显示为空。单击【保存干涉检查报告】按钮可将本次检查到的干涉信息保存为.txt 文件，供用户存档或以后查阅。

③ 在图 5-166 中单击【确定】按钮，保存所有干涉检查设置内容。

④ 在进行装配仿真过程中，单击【操作】工具栏中的【干涉】按钮，系统检查到干涉现象时会加亮显示发生干涉的零部件，如图 5-167 所示的蜗轮和蜗轮轴，并暂停播放提示用户。

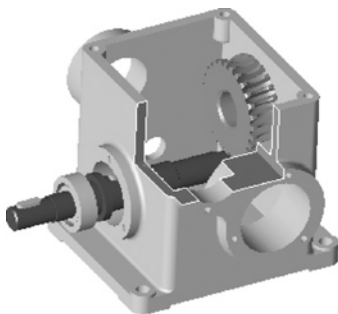


图 5-167 加亮显示发生干涉的零部件

### 5.10.2 实时干涉检查

动态干涉检查是在装配仿真时进行的，定义完成后才能进行干涉检查。如果在定义过程中需要检查是否发生干涉，可以用实时干涉检查功能，以便及时调整装配路径轨迹。对零部件比较密集的模型尤其有用。下面仍以“安装蜗轮”步骤的“拆卸活动 8”为例说明实时干涉检查的操作方法。

① 选择“安装蜗轮”步骤的“拆卸活动 8”，选择右键菜单中的【重新定义轨迹】命令，出现【轨迹定义】工具条，如图 5-168 所示。

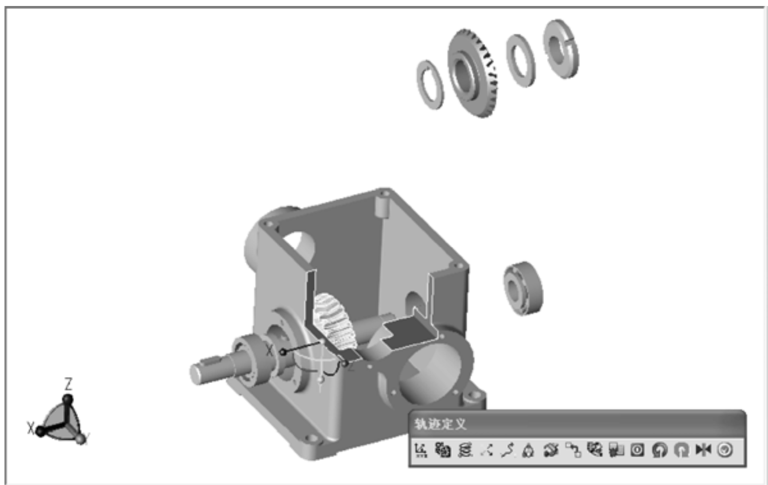



图 5-168 选择活动对象

② 单击【轨迹定义】工具条中的按钮，弹出【干涉检查设置】对话框，设置干涉检查对象组 1、2 的零件，操作方法同 5.10.1 中的介绍的方法。

③ 单击【轨迹定义】工具条中的按钮启动干涉检查。

④ 折卸蜗轮时，将蜗轮向左折卸，拖动蜗轮向上移动时，与蜗轮轴发生干涉，此时系统提示“已经干涉”，如图 5-169 所示。单击【确定】按钮后，可调整零部件运动轨迹，使零部件不与其他件发生干涉。

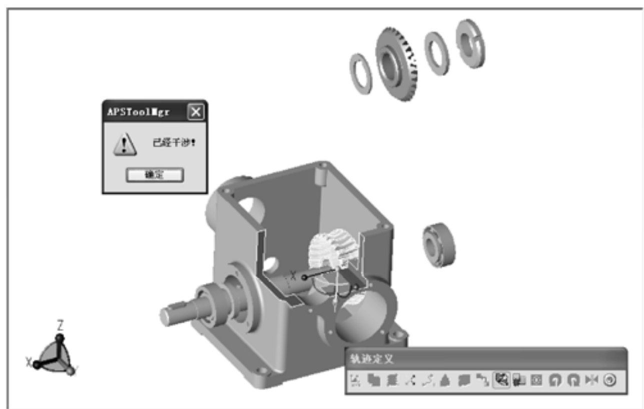



图 5-169　实时干涉检查

## 5.11　整体技术要求

有的装配工艺文件中存在所有工序共用的技术要求，它不属于某道工序，在 3DCAPP-A 中将这部分内容填写到“装配过程”的属性区中，可以输出到二维工艺卡片中。

选择“装配过程”节点，在属性区中可填写装配过程名称，内容为整体技术要求，如图 5-170 所示。

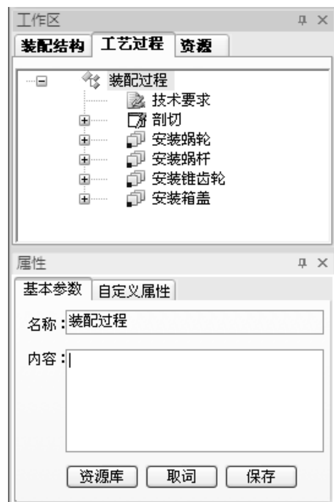



图 5-170　填写整体技术要求

根据工艺卡片配置，在“卡片配置”中增加配置定义关键字：装配过程，可用“装配过程.名称=....”“装配过程.内容=...”语句进行装配过程属性数据与卡片表格的对应。

“装配过程”节点下有“技术要求”节点，此节点下可创建二维文本和二维图像，为三维模型视图区中编写的总体技术要求，在仿真播放过程中，先播放“技术要求”节点下的技术图解，然后再顺序播放工序动画内容。

## 5.12　关键工序关重件表达

**关键工序**：在步骤属性中有“关键工序”属性，用户勾选该复选框则表示该工序为关键工序。设置为关键工序后，工序名称显示为设置的颜色，系统在三维视图的右上角中显示“关键”字样图章，用户可以调整图片位置，同时在当前步骤节点下增加“关键工序图章”节点，如图 5-171 所示。

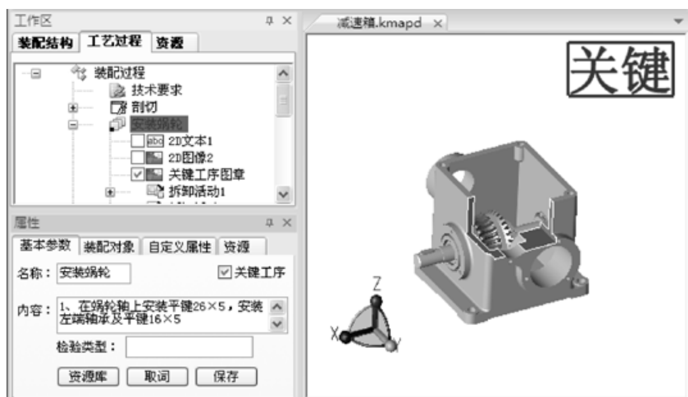



图 5-171　关键工序表达

**关重件**：在零部件属性中有“特性”属性，该属性可选字符有“G”“Z”“C”，如图 5-172 所示。

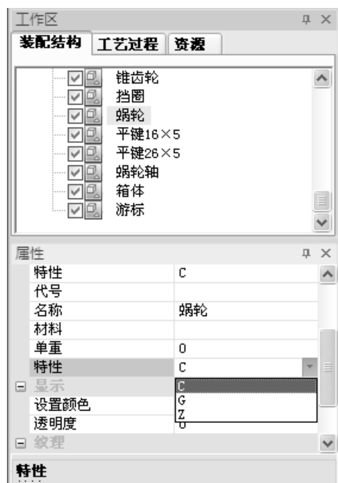



图 5-172　关重件表达

## 5.13 工序的复制、剪切、粘贴

装配过程树下的步骤可以复制或剪切，粘贴到其他工艺文件中，或同一工艺文件的其他步骤后。

① 在装配过程树下，选择某一步骤节点，选择右键菜单中的【移动选项】/【复制】命令，弹出【复制成功】对话框，单击【确定】按钮。

② 选择装配过程树下的其他步骤节点，选择右键菜单中的【移动选项】/【粘贴】命令，则复制的步骤节点及其下的所有活动节点粘贴到选中的步骤下。

剪切、粘贴是将选择的步骤复制后删除，再粘贴到其他步骤工序下。

## 5.14 装配变更处理

如果装配工艺已经设计完成，但装配体中的零部件模型发生变更，可以只更新零部件，更新后零部件的位置不变，而零部件的名称、代号、颜色等属性则被更新为新的信息。更新零部件后，不需要重新定义其运动轨迹而直接沿用以前的运动轨迹，这样可以减少工艺人员重新定义的工作量。

如减速机样例中，零件“轴承盖（缺角）”如图 5-173 所示，变更后如图 5-174 所示，轴承盖中心打了一个孔。

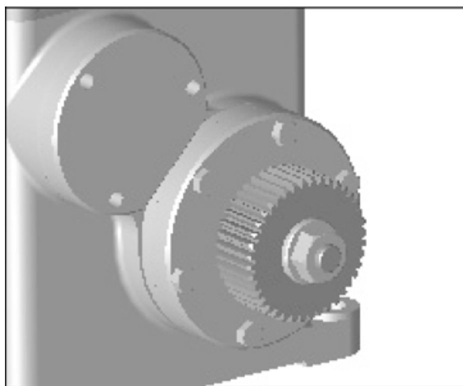


图 5-173 原模型中的“轴承盖（缺角）”

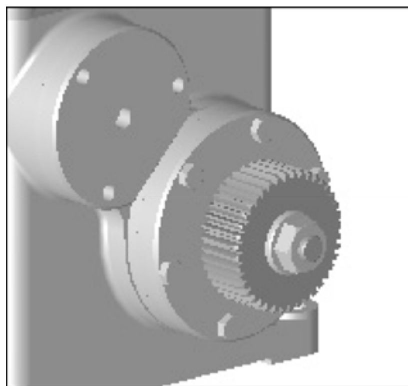


图 5-174 变更后的“轴承盖（缺角）”

更新零部件的方法如下。

选择装配结构树的“轴承盖（缺角）”节点，选择右键菜单中的【更新零部件】命令，或在三维模型视图中选择“轴承盖（缺角）”模型，选择右键菜单中的【更新零部件】命令，弹出【打开】文件对话框，选择“样例文件\三维模型\变更的轴承盖\bearing cover head enveloped35-bg.prt”，系统会弹出图 5-175 所示的【零部件更新影响范围】提示框，单击【确定】按钮后，新的零部件将替换以前的零部件。




图 5-175　显示零部件更新影响范围

## 5.15　部装及总装过程

对于复杂产品，一般分为部装工艺和总装工艺，部装工艺表达详细的部件装配过程，总装工艺只表达各部件的装配过程。3DCAPP-A 中提供了“创建部装过程”功能，可以将各个部件分别创建装配过程，在定义产品的装配过程时，将各部件组装即可。

这里仍以“减速机”为例说明创建部装过程操作方法。

导入“减速机”模型，选择装配结构树上的部件节点“bevel gear axes_AS”，选择右键菜单中的【创建部件过程】命令，系统自动切换到【装配过程】标签页，创建了部装过程节点，如图 5-176 所示的“bevel gear axes_AS _装配过程”，在此节点下进行部件装配过程规划。

部装过程中包含“安装齿轮轴”“安装轴承盖”工序，总装过程中包含“安装蜗轮”“安装蜗杆”“安装锥齿轮”“安装箱盖”4 道工序，如图 5-177 所示。在进行总装过程仿真时，不包括部装过程的仿真。




图 5-176　创建部件过程节点

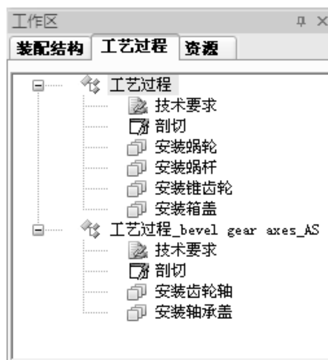



图 5-177　总装过程包含的工序

# 5.16　工作环境设置修改

用户可以根据自己需要自定义用户界面。工作环境设置好后，在进行操作时可以提高工作效率。

## 5.16.1　自定义工具栏和快捷键

在【操作】工具栏上右击，在弹出的菜单中选择【最小化功能区】命令，或者单击【快速访问】工具栏右侧下拉三角符号，在弹出的菜单中选择【最小化功能区】命令，或使用〈Ctrl+F1〉快捷键可将【操作】工具栏最小化，用同样的方法可还原【操作】工具栏。

【快速访问】工具栏布置在 3DCAPP-A 操作界面左上角位置，默认状态下包含的命令有【新建】、【打开】、【保存】。为了让操作更加便捷，可以在【快速访问】工具栏中增加或删除常用命令。自定义【快速访问】工具栏的方法有以下两种。

（1）方法一

在【操作】工具栏上右击，在弹出的菜单中选择【自定义快速访问工具栏】命令，或者单击【快速访问】工具栏右侧下拉三角符号，在弹出的菜单中选择【更多命令】命令，系统会弹出【自定义】对话框，如图 5-178 所示。

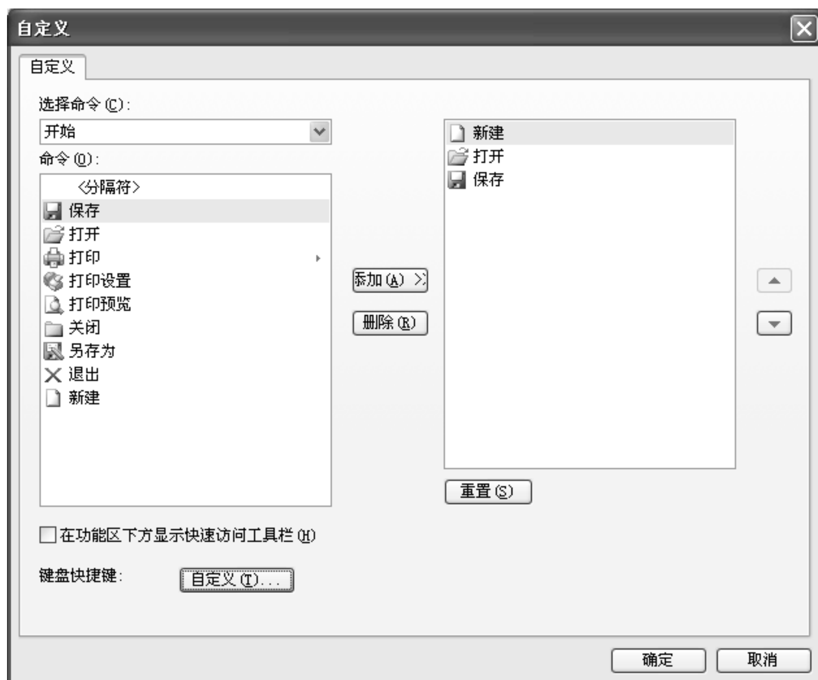



图 5-178 【自定义】对话框

在【选择命令】下拉列表框中选择【类别】，在【命令】选项中选择命令，单击【添加(A)>>】按钮即可增加命令，单击【删除(R)】按钮即可删除选中的命令。单击【确定】按钮后设置生效。

单击选项框右侧的上拉或下拉三角符号，可调整【快速访问】工具栏中相关命令的顺序。

单击【重置(S)】按钮可重新配置【快速访问】工具栏，使【快速访问】工具栏恢复默认状态。

单击【确定】按钮上述设置立即生效。

（2）方法二

右击【操作】工具栏中某个选项卡的任意命令，在弹出的快捷菜单中选择【添加到快速访问工具栏】命令，即可将该命令添加到【快速访问】工具栏中。右击【快速访问】工具栏中的任意命令，在弹出的快捷菜单中选择【从快速访问工具栏中删除】命令，即可将该命令从【快速访问】工具栏中删除。

此外，在【操作】工具栏上右击，在弹出的菜单中选择【在功能区下方显示快速访问工具栏】命令，或单击【快速访问】工具栏右侧下拉三角符号，在弹出的菜单中选择【在功能区下方显示】命令，可将【快速访问】工具栏放置在【操作】工具栏下面，还可用上述方法选择类似命令将【快速访问】工具栏恢复默认位置。

使用快捷键可大大提高用户的工作效率，但初学者不宜进行快捷键的设置，否则会影响与他人之间的学习交流。如果用户已经熟练地掌握 3DCAPP-A 的基本技巧，可根据需要设置常用命令的快捷键，设置方法如下。

在图 5-178 中，单击底部的【自定义(T)】按钮，弹出图 5-179 所示的【自定义键盘】对话框。在【分类】选项框中选择相应类别，在【命令】选项中选择相应命令，则在【当前键】选项栏中会显示当前的快捷键。用户可在【按新快捷键】选项栏中输入新的快捷键，单击【分配】按钮，新设置的快捷键就会生效。




图 5-179 【自定义键盘】选项框

此外，还可为某个命令设置多个快捷键，单击【删除】按钮可移除多余的快捷键，单击【全部重置】按钮，系统会重新配置键盘，快捷键设置将会恢复到默认状态。

## 5.16.2 自定义用户界面

工作区、属性区、三维模型视图区的界面大小和位置都可以调整。在 Windows 操作系统中，当鼠标指针停留在资源管理器窗口边缘时会变成⟷的形状，对其进行拖动便可改变窗口大小。在 3DCAPP-A 中也有类似方法，当鼠标指针停留在某窗格内侧边缘时，会出现⟺标志，拖动该标志便可改变窗格大小。

用户可以通过拖动工作区、属性区的标题栏来调整这些窗格的位置。拖动某个窗格的标题栏时，在操作界面四周会出现一个指示器，该指示器有分别处于上下左右位置的位置指示符号。当鼠标拖动到工作区、属性区、三维模型视图区的某个区域时，在该区域会出现指示器，该指示器有分别处于上下左右位置的位置指示符号，如图 5-180 所示。

处于上下左右位置的位置指示符号分别表示被拖动的窗格将出现在该区域或操作界面的最上侧、最下侧、最左侧、最右侧，处于中间位置的符号代表被拖动的窗格与该区域的窗格合并。将鼠标指针拖动到某个位置符号处，该窗格就会移动到该位置符号代表的区域。

例如，将鼠标指针移动到属性区标题栏中，按住鼠标左键拖动属性区，将鼠标指针拖动至工作区的右位置指示符上，带阴影的预览画面就会出现在工作区的右侧部分，如图 5-181 所示。松开左键，则属性区移动至图 5-182 所示位置。若将鼠标指针拖动至工作区的中间位置指示符号上，松开鼠标左键，则属性区与工作区合并，属性区就会变为工作区的标签页，如图 5-183 所示。从工作区中拖曳标签页，可使标签页成为独立的窗格。




图 5-180 拖动属性区




图 5-181 拖动至右位置指示符号




图 5-182　拖动后的属性区位置

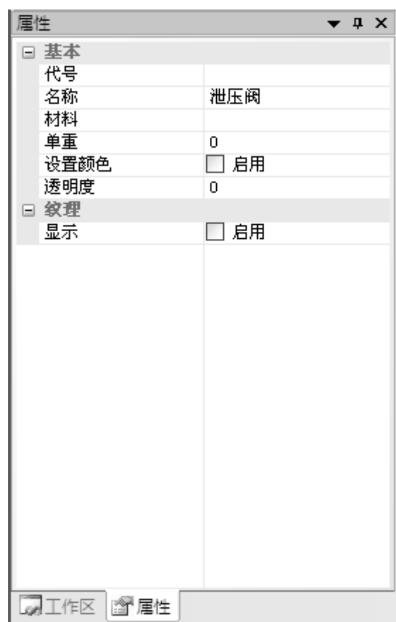



图 5-183　属性区变为左窗格的标签页

## 5.16.3　系统设置

3DCAPP-A 的设置主要是【工具】/【选项】中的各项设置。这里仅对【一般设置】、【装配颜色】、【工艺卡片配置】、【显示】、【操作】等进行说明，其他设置按照系统默认的设置即可。

**1．一般设置**

单击【操作】工具栏中【工具】/【选项】按钮，弹出【选项】对话框，如图 5-184 所示。在【一般】标签页中可设置工艺简图背景色、显示效果、装配结构树是否折叠显示相同节点、是否开启合模式、步骤节点顺序、工序名是否从开目企业资源管理器中选择、自动保存时间。

（1）工艺简图背景色

在 3DCAPP-A 中规划的装配工艺，能在开目 CAPP 中以卡片的形式显示出来，包括工序信息、工步信息及工艺简图。针对每一道装配工序，3DCAPP-A 系统会生成一个工艺简图，显示在装配工序卡中放置工艺简图区的位置。系统默认工艺简图背景色为白色，以便与打印出的工艺卡片底色相同。用户可单击颜色块，弹出图 5-185 所示的【颜色】对话框，重新选择颜色。

（2）显示效果

三维模型显示的精细程度。显示效果越好占用机器的内存资源越大，如果装配模型不太复杂，机器配置较高时可选择“好”；若机器配置较低或装配模型特别复杂时，为保证 3DCAPP-A 的运行速度，建议选择“中”或“差”。

（3）装配结构树折叠显示相同节点

装配结构树默认为相同节点展开显示，如图 5-186 所示。若勾选“装配结构树折叠显示

相同节点”复选框，则装配结构树上有相同节点时会折叠显示，如图 5-187 所示，主要用于显示一组相同的零件。

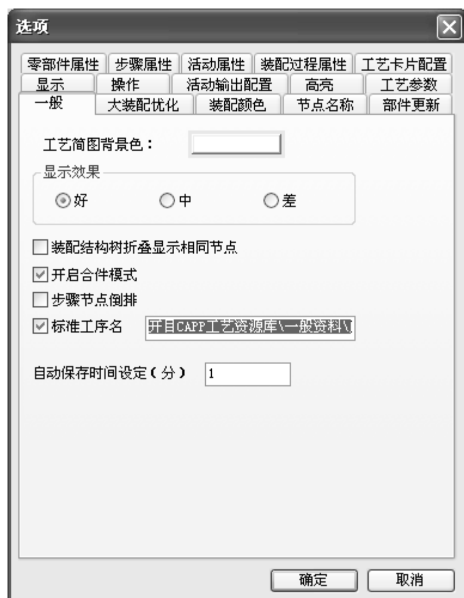



图 5-184　选项中的一般标签页

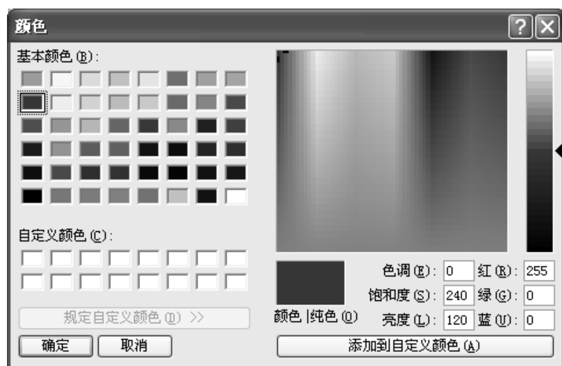



图 5-185　选择颜色




图 5-186　相同节点展开显示




图 5-187　相同节点折叠显示

（4）开启合件模式

“开启合件模式”表示在步骤中分配配套件时，前面步骤中已安装的部件以合件的形式显示。如果不勾选此复选框，则前面步骤中已安装的部件以零件的形式显示，可单独添加零件。

（5）步骤节点倒排

默认为步骤节点顺序排列，如已建步骤 1，再添加步骤时，步骤 2 将在步骤 1 的后面。若勾选“步骤节点倒排”复选框，则添加步骤时，步骤 2 在步骤 1 的上面，倒序排列（注意：重新设置后需要重新进入系统才能生效）。

（6）标准工序名

标准工序名是指开目企业资源管理器中“工序名称库”中的工序名称。勾选此复选框，并在后面的文本框中填写“开目 CAPP 工艺资源库\一般资料\工序名称库”（与开目企业资源

管理器中节点名称一致），添加装配步骤时会弹出开目 CAPP 工艺资源库中“工序名称库”，用户可从中选择工序名称。此种方式选择的工序名称不能被任意编辑修改；如果勾选此复选框，但后面的文本框中不填写节点名，添加装配步骤时会弹出开目 CAPP 工艺资源库的所有节点，用户可从其中选择填写工序名称。

2. 装配颜色

在装配过程中，零部件有三种状态：已装件、待装件、未装件，3DCAPP-A 可以设置这三种状态下零部件的颜色，清晰地标识出零部件所处的状态。

- 已装件：本装配步骤之前的已经装配零部件或合件。
- 待装件：本装配步骤内除了前面步骤合件之外的零部件。
- 未装件：不属于任何当前步骤及前面已定义步骤的零部件及合件。

单击【选项】对话框的【装配颜色】标签页，如图 5-188 所示。可以设置装配过程中已装件、待装件、未装件颜色，及仿真播放时的当前装配件、已装件、待装件颜色。

如果要使配置的颜色生效，需选择对话框中的“使用配置颜色”；如果选择的是“使用零部件颜色”，则零部件在装配过程中，或仿真播放时按照零部件颜色显示。

这里定义装配过程颜色配置使用零部件颜色，仿真播放颜色配置使用配置颜色。

**注意：** *如果用户在装配结构树上特别指定了某零部件的颜色，那么在装配活动定义及仿真播放过程中该零部件的颜色始终是用户自定义颜色，不受颜色配置约束。如何重定义零部件颜色，请参见第 2 章“2.3.3 零部件属性修改”中的说明。*

3. 显示

用户可在【显示】标签页中设置背景色，以及设置在三维模型视图区鼠标移动到零部件上显示零部件的信息，如图 5-189 所示，勾选【光标提示】下的属性，鼠标移动到零部件上，会通过提示框显示选取的属性值。

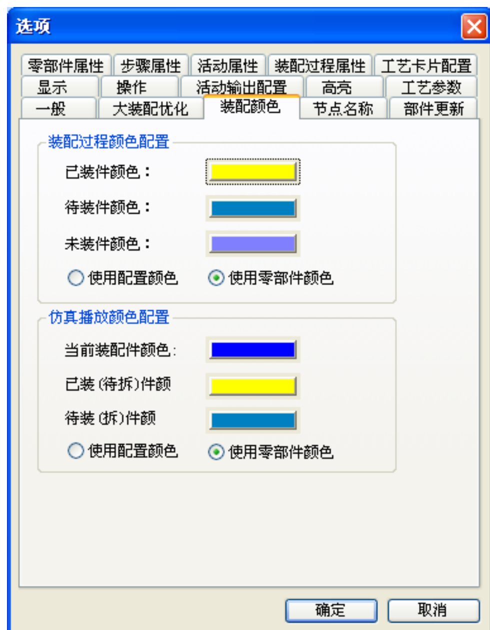



图 5-188 【装配颜色】标签

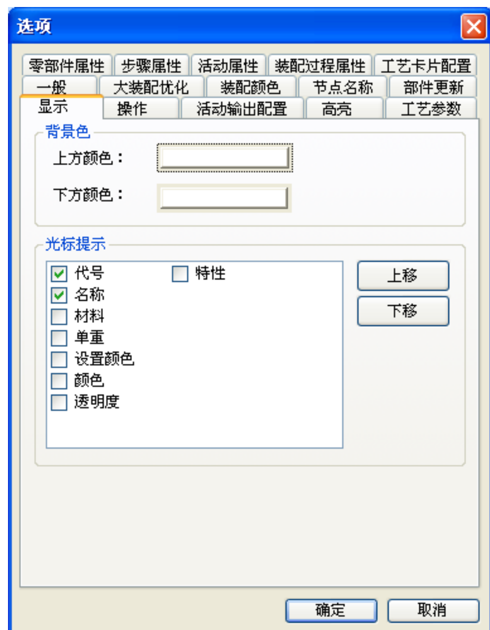



图 5-189 【显示】标签

## 4. 操作

用户可在【操作】标签页中设置鼠标中键、右键+键盘上按钮来执行平移、缩放、旋转操作，如图 5-190 所示，设置的是鼠标中键+〈Alt〉键，在三维模型视图区执行平移操作。

## 5. 活动输出配置

用户可在【活动输出配置】标签页中设置输出到工艺卡片的活动，如图 5-191 所示，勾选表示此活动输出到工序卡中，作为一道工步。

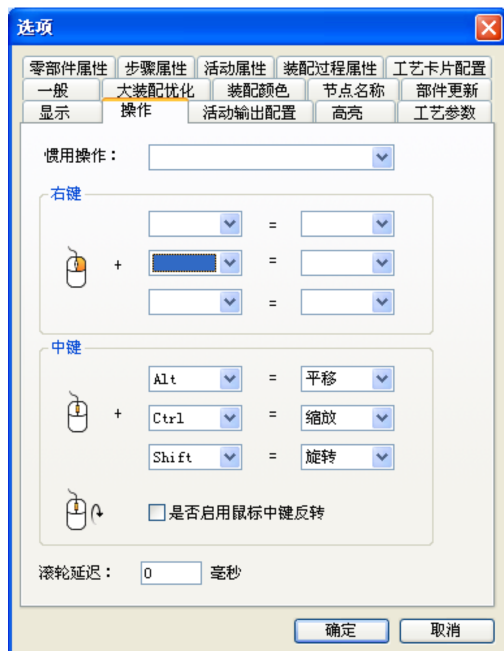



图 5-190 【操作】标签

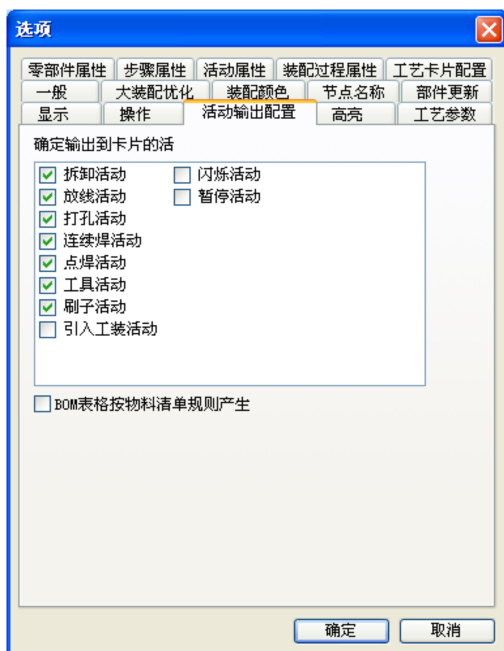



图 5-191 【活动输出配置】标签

## 6. 高亮

在【高亮】标签页中，可设置选择零部件的“预选颜色”“选中颜色”，也可以设置“透明效果”及“渲染选项”，如图 5-192 所示。

（1）预选颜色、选中颜色

在三维模型视图区，鼠标移动到零部件上，零部件显示的颜色即预选颜色；单击鼠标左键，选中零部件后零部件颜色即选中颜色。单击“预选颜色”“选中颜色”后的颜色块，弹出【颜色】对话框，可重新选择颜色。

（2）透明效果

“透明效果”是指在三维模型视图区中，鼠标指向某一零件时，零件加亮显示时透明。“无”表示不透明，“标准”表示全透明，“快速”表示可快速透明，但质量不如标准显示的质量好。

（3）渲染选项

“渲染选项”有“轮廓”“实体”“被遮挡对象高亮时是否可见”3 个选项。勾选了某复选框，即表示零件加亮显示时会显示对应的项，否则则不显示对应的项。

### 7. 工艺卡片配置

前文已说明在 3DCAPP-A 中规划的装配工艺能在开目 CAPP 编辑工具中以卡片的形式显示出来，包括工序信息、工步信息及工艺简图。哪种工艺规程显示装配工艺信息，工序内容、工步内容显示在过程卡、工序卡的哪个区域中，需要进行对应配置，这样工艺卡片的显示才能正确。

用户可以在【选项】对话框的【工艺卡片配置】标签页中配置，如图 5-193 所示。规程名称以及对应表格的网格名称、列名称必须与开目 CAPP 的表格定义信息一致。相关内容在第 4 章“4.4.1 工艺卡片配置”中已做详细说明。

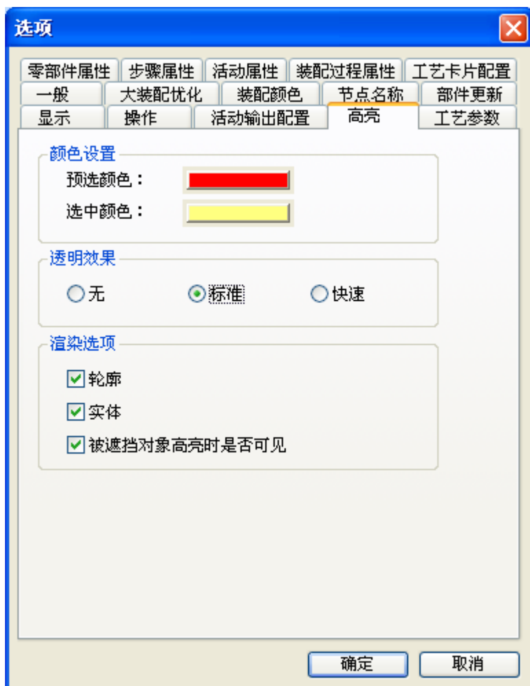



图 5-192 【高亮】标签

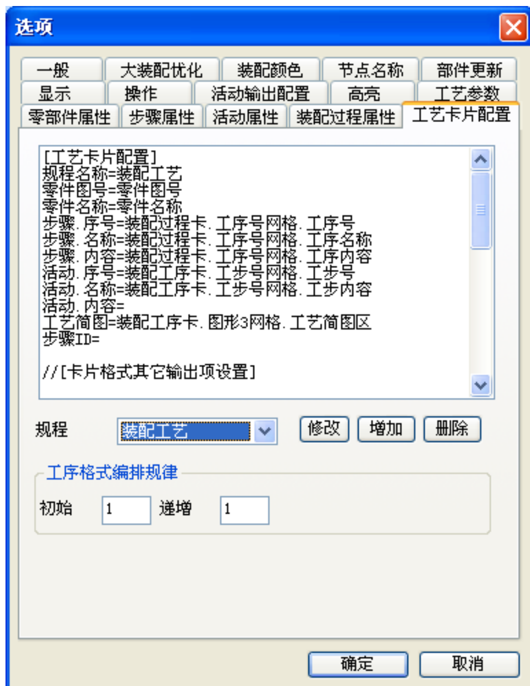



图 5-193 【工艺卡片配置】标签

# 第 6 章

# 工艺装备管理

在进行装配活动定义时，往往需要使用一些常用工艺装备辅助装配，这时可以引入工艺装备，并定义工艺装备的活动，以产生更真实的装配效果。三维工艺装备既可以存放在本地，也可以存放在企业资源管理器中，以便在需要时直接使用。

## 6.1 建立三维工艺装备库

在企业资源管理器中建立三维工艺装备库，建议安装浏览器，以便进行三维工具的浏览。

进入企业资源管理器，在资源树上添加“三维工艺装备”节点，选择右键菜单中的【添加子节点】，弹出图 6-1 所示对话框，输入节点名称，选择“扩展文件存储支持类型”为“开目三维装配文件”（默认是【无】类型）。

打开【数据表结构】标签页，定义“字段名称”“字段类型”“字段长度”，如图 6-2 所示。

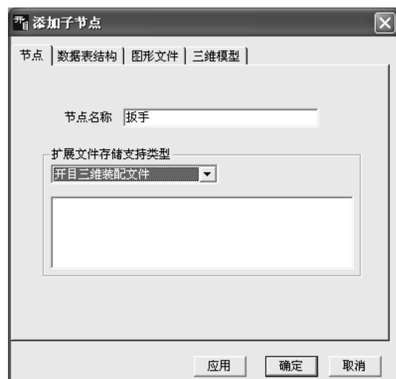



图 6-1　添加数据库节点

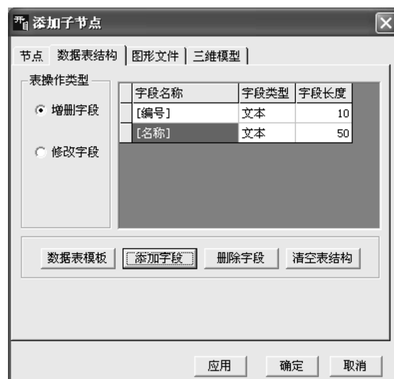



图 6-2　定义数据表结构

单击【确定】按钮后三维工艺装备库结构如图 6-3 所示，在数据表中输入记录。




图 6-3　三维工艺装备库结构

如果每条记录对应不同的模型，则鼠标定位在记录上，单击右键菜单选择【记录对应模型】命令，针对每条记录指定不同的模型。在为记录指定模型后，系统弹出图 6-4 所示提示框，提示是否转换为开目三维文件（如果转换为开目三维文件，模型文件出库才能使用模型文件的点、线、面的信息），选择【是】转换为开目三维文件；选择【否】不转换为开目三维文件。

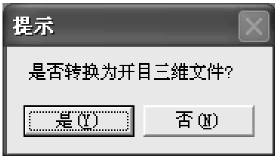



图 6-4　选择是否转换为开目三维文件

记录对应模型后，将对应的模型文件显示在模型文件列中，如图 6-5 所示。




图 6-5　记录对应模型

**注意**：在转换为开目三维文件时，有些文件需要设置图形单位，以保证转换的正确性。在转换前系统会给出提示框，提示用户选择正确的图形单位后再转换文件。

## 6.2 引入工艺装备

3DCAPP-A 中引入工艺装备有 3 种方式：从本地引入、从三维工库库中引入、使用前面工序中已引入的工装。下面以“减速机.kmapd”为例说明引入工艺装备的方法。

### 6.2.1 从本地引入

1）在装配过程树中选中需要引入工装的步骤或活动节点。

2）选择右键菜单中的【引入工艺装备】命令，弹出图 6-6 所示的对话框，选择【本地文件】，弹出【打开】文件对话框，选择工艺装备模型，则模型引入到三维模型视图区，如图 6-7 所示引入的是一个工作台。

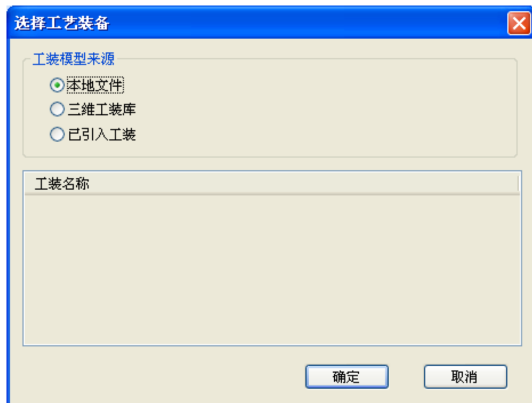



图 6-6 选择工艺装备

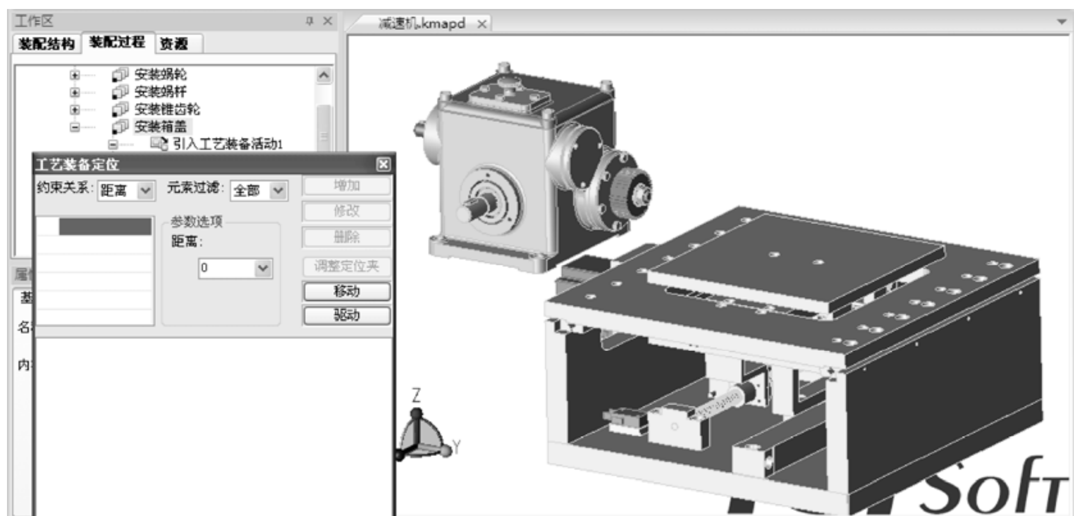



图 6-7 引入工艺装备

3）引入工艺装备后，弹出【工艺装备定位】对话框，定义约束关系，以便减速机定位在工作台上。定义包含 3 种约束关系：箱体的底平面与工作台的上平面重合、箱体的 1 个侧面与工作台的 1 个侧面重合；箱体的另 1 个侧面与工作台的另 1 个侧面重合。

4）约束关系选择“重合”，元素过滤选择“面”，将鼠标移动到箱体的底平面，底平面加亮显示（见图 6-8），单击鼠标左键确定，然后将鼠标移动到工作台的上平面，上平面加亮显示（见图 6-9），单击鼠标左键确定，在【添加的零部件定位】对话框中单击【添加】按钮，约束关系会显示在列表框中。

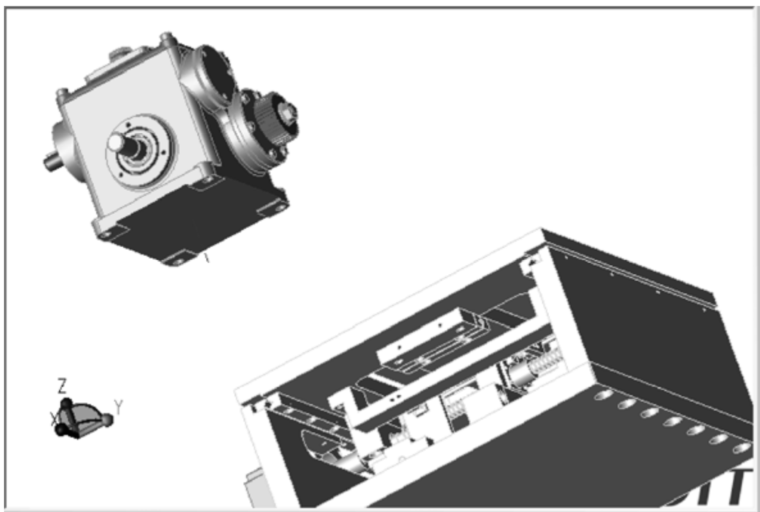



图 6-8　选择箱体底平面

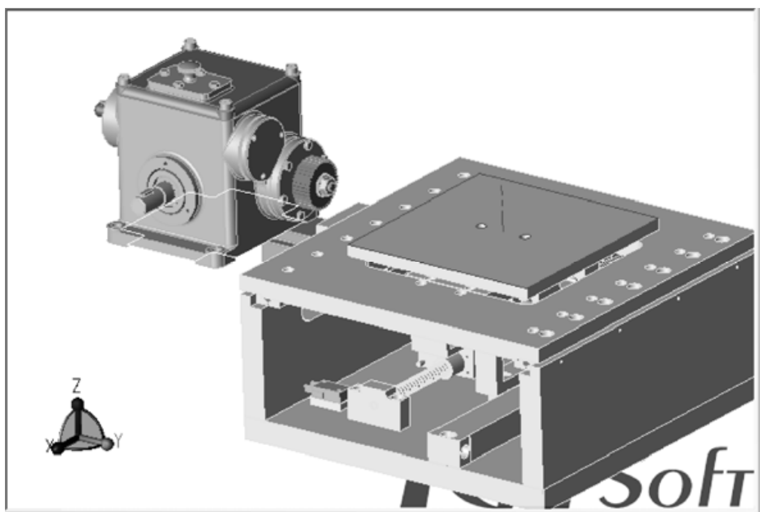



图 6-9　选择工作台的上平面

5）同样的方法定义箱体的两个侧面与工作台的两个侧面重合，如图 6-10～图 6-13 所示，约束关系定义完成后结果如图 6-14 所示。

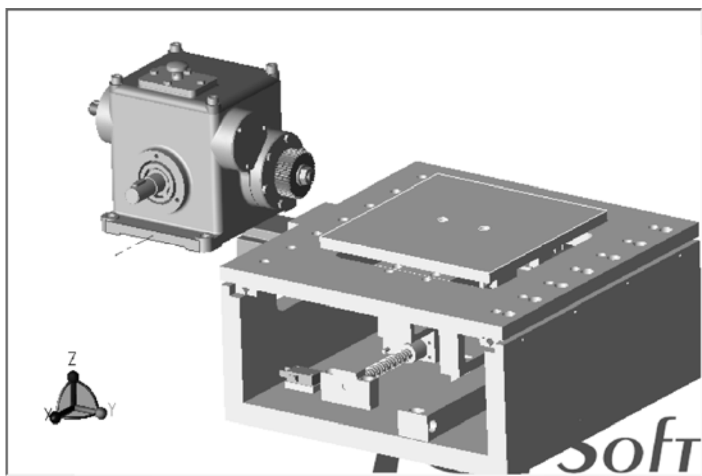



图 6-10　选择箱体底部侧面

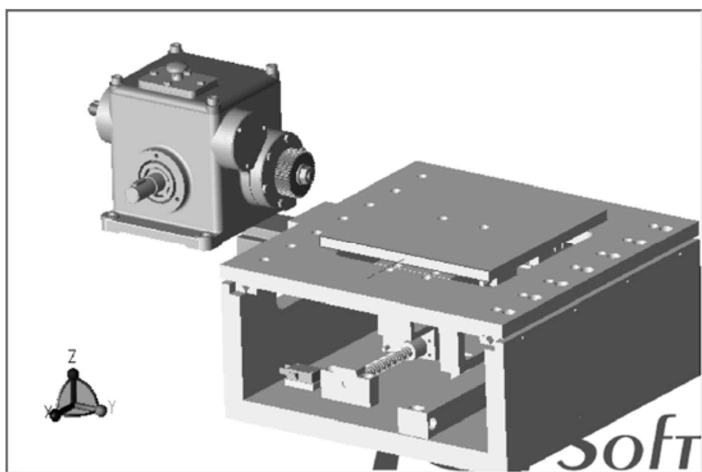



图 6-11　选择工作台侧面

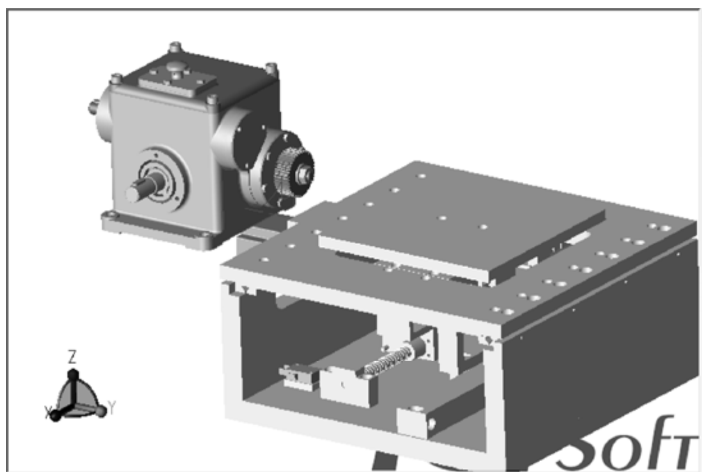



图 6-12　选择箱体侧面

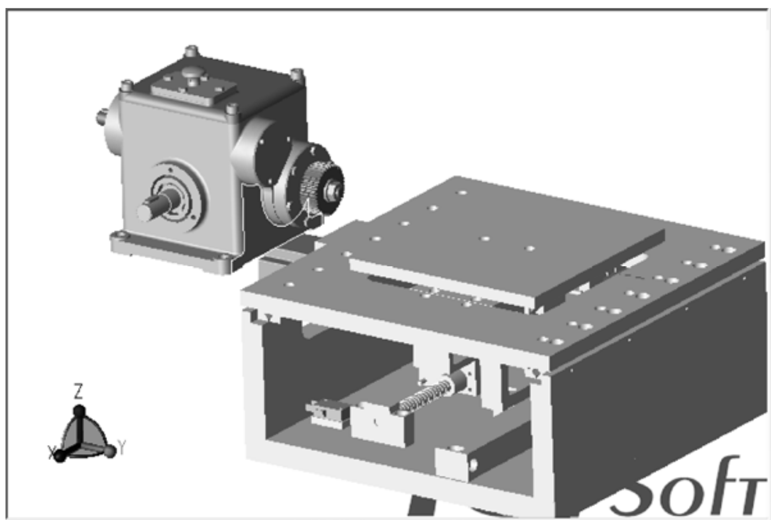



图 6-13　选择工作台侧面




图 6-14　约束关系定义完成

6）在图 6-14 中单击【驱动】按钮，减速机定位到工作台上，如图 6-15 所示。

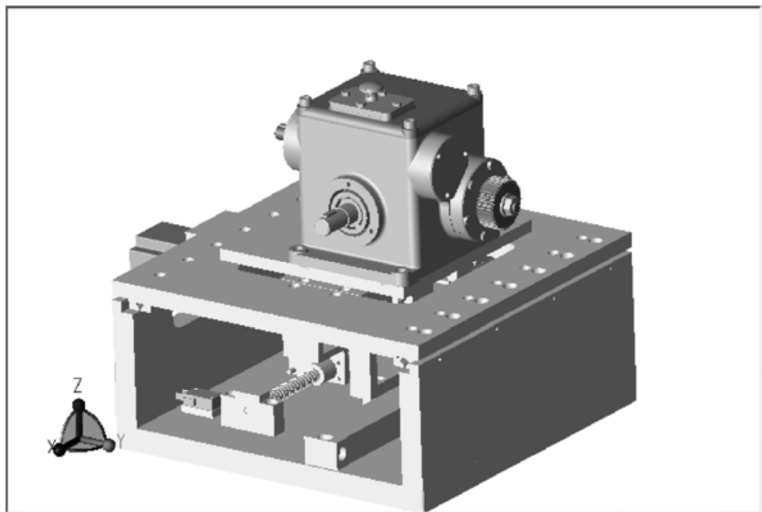



图 6-15　减速机定位在工作台上

### 6.2.2 从三维工装库中引入

当工艺装备引入方式选择“三维工装库”时，弹出图 6-16 所示对话框，双击工艺装备记录前的灰色区域，系统自动关闭工艺资源库，工装引入到三维模型视图中，后续进行工装的定位，操作方法与“从本地引入”工装的定位方法一致。

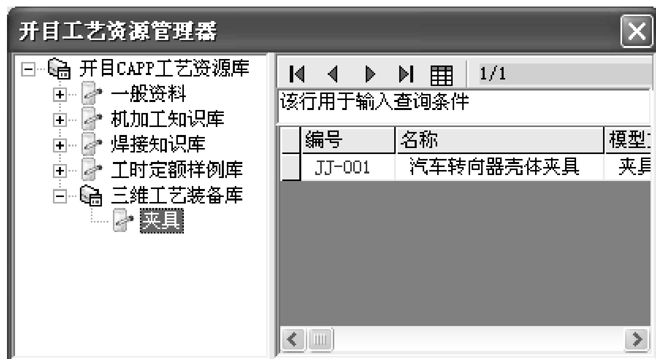



图 6-16 工艺资源库

### 6.2.3 引入已有工装

当工艺装备引入方式选择“已引用工装”时，对话框下面列表中会显示出已引用的工装，选择某一个工装，确定后即可引入到三维模型视图中。

# 第 7 章

## 三 维 布 线

在复杂的产品设计中，一般都会涉及电线、电缆的敷设，线缆敷设是决定产品质量的关键因素，系统的三维布线模块能通过简单操作生成电线、电缆、排线、套管，并能对电线、电缆进行放线仿真。

下面以“电路板”模型为例描述电线、电缆的定义过程。首先导入“电路板”模型，导入模型后保存的文件为“样例文件\工艺文件\电路板-cs.kmapd”，模型如图 7-1 所示。三维布线的操作在【装配结构】标签页中进行，相应命令在【操作】工具栏的【布线】菜单中。

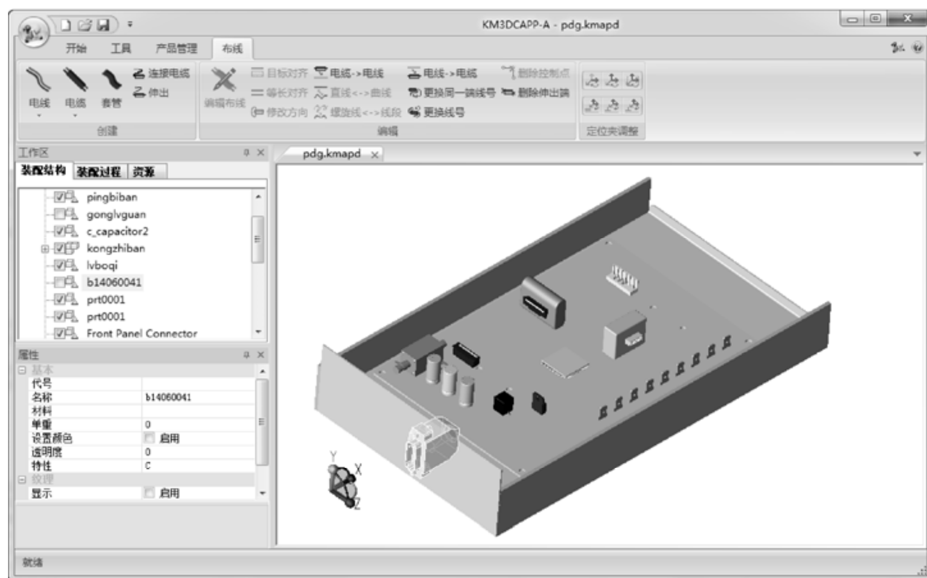



图 7-1　电路板模型

电线/电缆设计的基本步骤如下。

1）在三维模型上确定电线/电缆的起点，出现定位夹，调整 Z 轴方向为电线向外指出的方向。

2）光标移动时从起点到光标位置动态连接一个浅色橡皮筋，在三维模型上确定电线/电缆的终点，浅色的橡皮筋消失，出现定位夹，调整 Z 轴方向指向电线/电缆的外侧。

3）双击鼠标左键或按〈Enter〉键，电线/电缆创建完成。

图 7-2 是电线/电缆起点、终点定位夹 Z 轴方向示意图（左端为起点、右端为终点）。需要注意的是，若起点、终点的坐标轴方向不对，会造成两点之间无法生成电线、电线/电缆自交等。

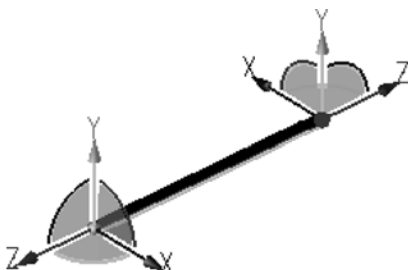



图 7-2 电线/电缆起点、终点定位夹 Z 轴方向示意图

后续操作中涉及拾取模型的点/线/面的操作前，需先加载模型数据。

# 7.1 电线设计

## 7.1.1 直线电线

① 单击【操作】工具栏中【布线】/【电线】/【直线电线】按钮，在界面左下角状态栏处出现提示“请选择第一点”，即电线的起点。若要选取零件的圆心，则需要按住〈Alt〉键，鼠标移动到该零件的圆柱面上，系统会拾取到圆心，如图 7-3 所示。

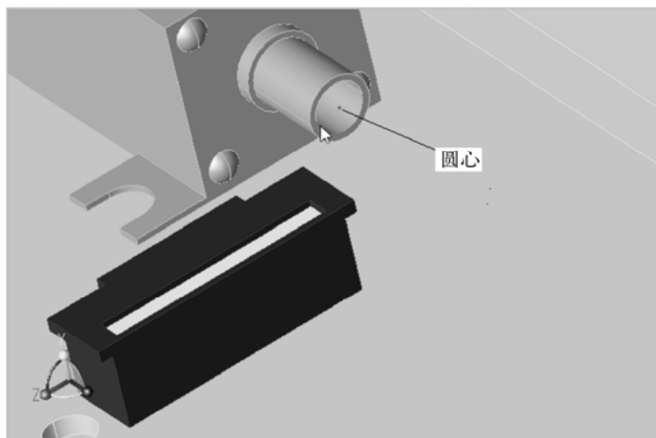



图 7-3 自动拾取圆心

② 在三维模型视图区中鼠标单击第 1 目标点，出现定位夹，如图 7-4 所示，此时状态栏提示“调整第一点的方向和位置”，图中定位夹 *Z* 轴的方向为电线的端点方向，如果需要反向，操作方法为：双击 *Y*-*Z* 弧线，输入 180°，如图 7-5 所示，按〈Enter〉键，*Z* 轴方向调整完毕，如图 7-6 所示。双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认电线第一点，此时定位夹消失。

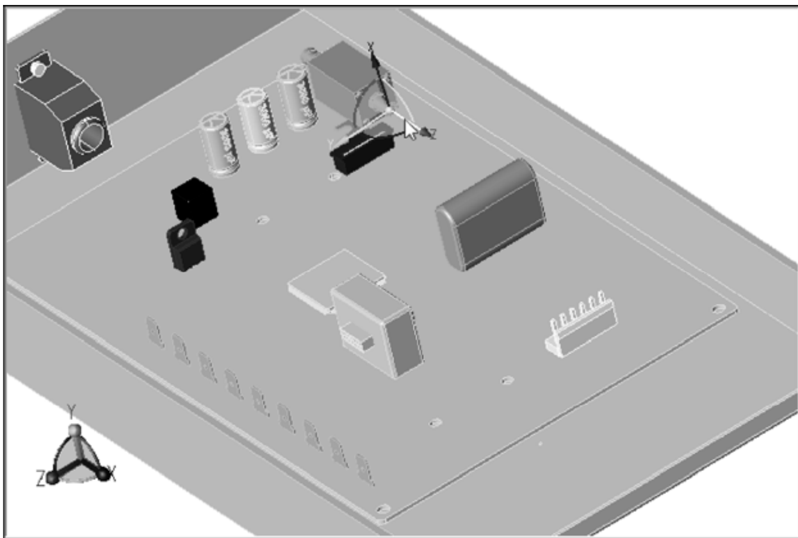


图 7-4　单击第 1 目标点出现定位夹

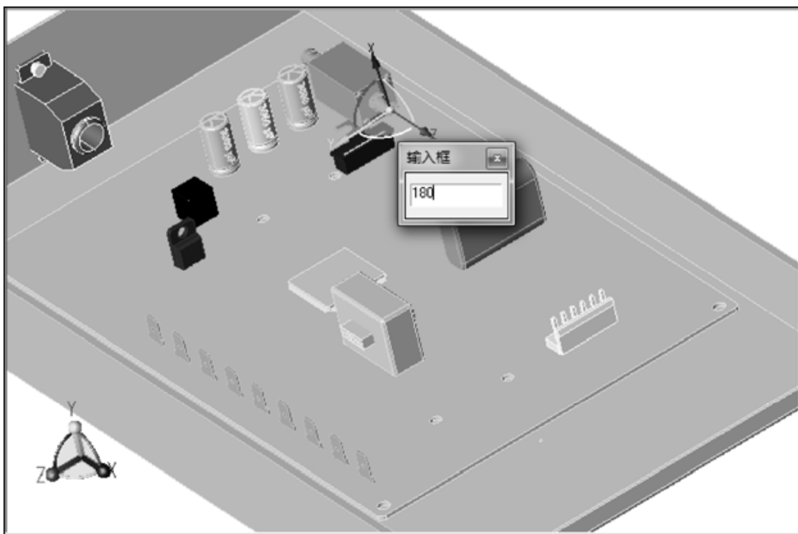



图 7-5　调整起点 Z 轴方向

③ 光标移动时从第 1 点到光标位置动态连一个浅色橡皮筋，鼠标单击第 2 目标点，浅色的橡皮筋消失，出现定位夹，此时状态栏提示“调整第二点的方向和位置”，定位夹 *Z* 轴方向需指向电线的外侧，按上述方法调整 *Z* 轴方向，如图 7-7 所示。双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认，电线创建完毕，如图 7-8 所示。

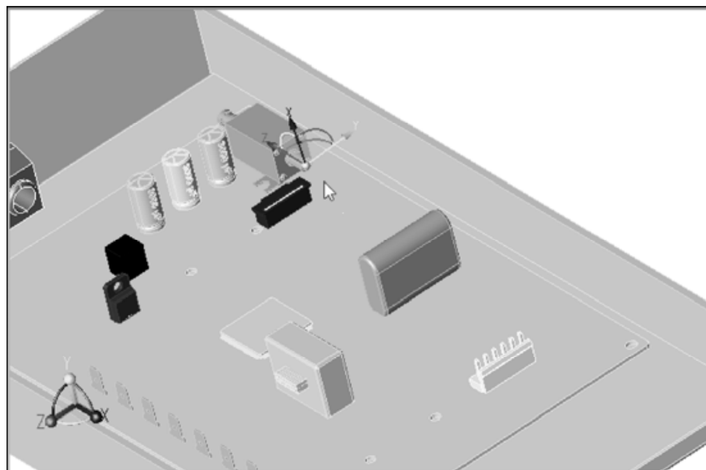


图 7-6　起点 Z 轴方向调整完毕

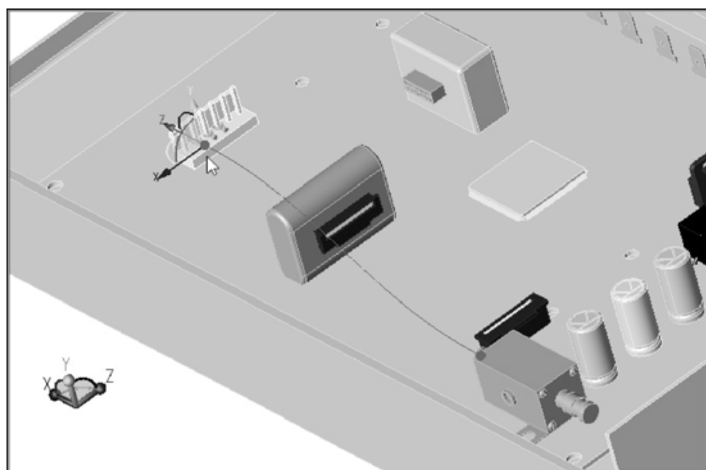


图 7-7　调整终点 Z 轴方向

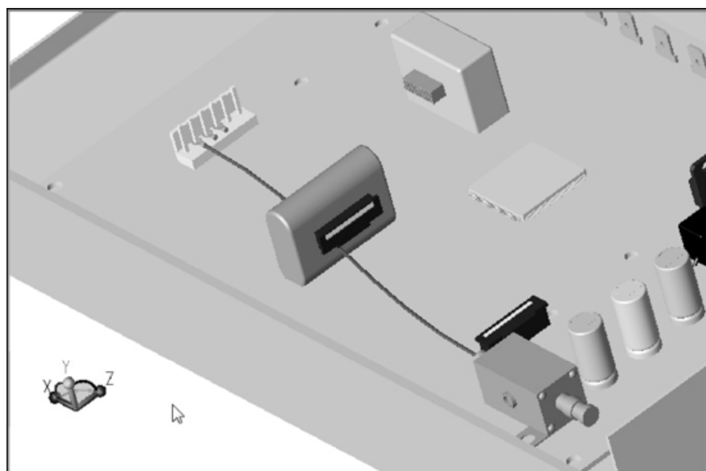


图 7-8　创建直线电线

## 7.1.2　编辑电线

① 在三维模型视图区中选中要编辑的电线，电线高亮显示，单击【布线】工具条上的【编辑布线】按钮，进入电线编辑模式，如图 7-9 所示。

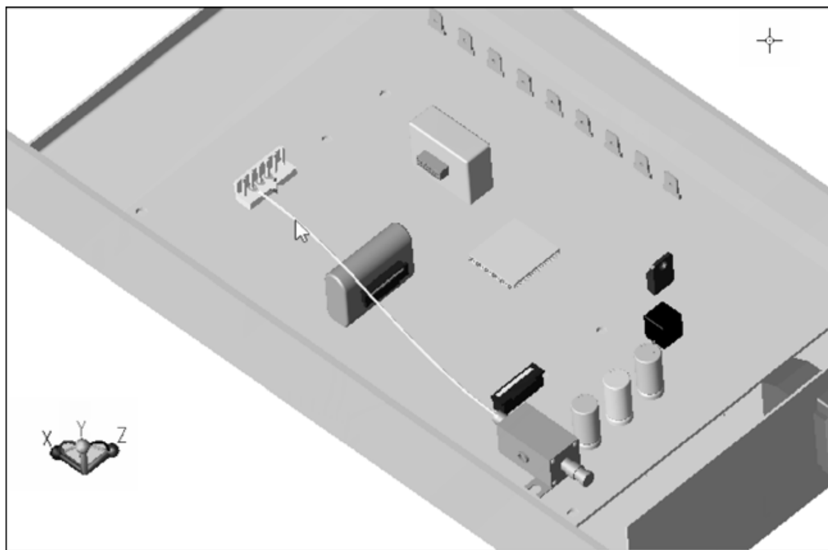


图 7-9　编辑电线

② 鼠标单击三维模型视图区中的定位夹移动，可改变电线的起始位置。鼠标单击电线上任意一点，可以插入控制点，调整定位夹，进行电线调整，如图 7-10 所示。

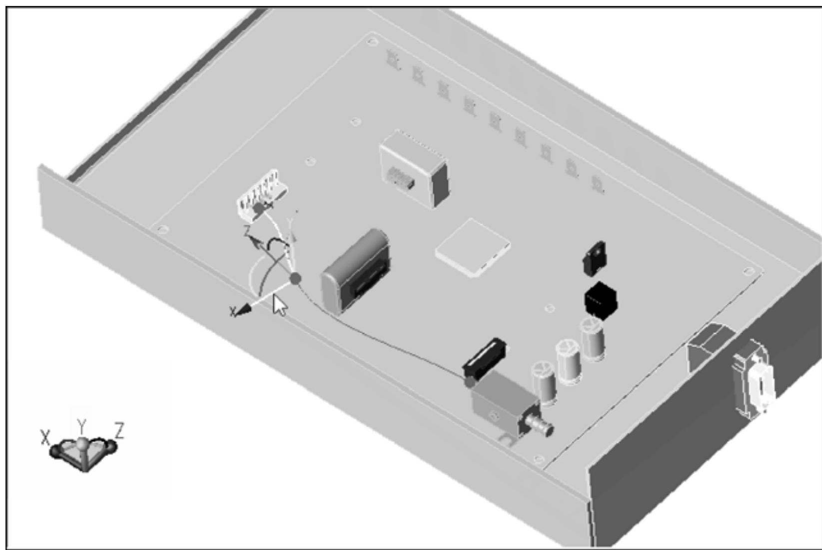


图 7-10　添加控制点

③ 重复步骤，可在电线的任意位置上插入控制点，对电线进行调整。调整完成后在三维模型视图区中任意位置双击鼠标，结束编辑线缆模式，如图 7-11 所示。

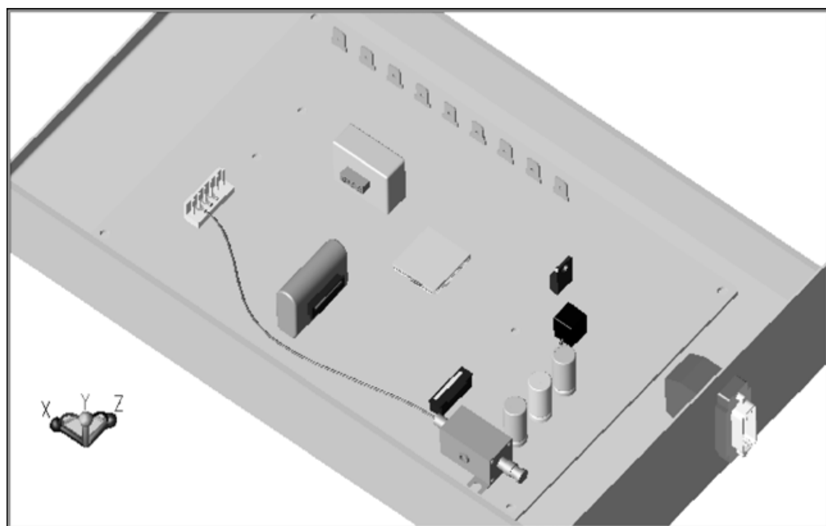



图 7-11　完成编辑

### 7.1.3　曲线电线

① 单击【操作】工具栏中【布线】/【电线】/【曲线电线】按钮，在操作界面的左下角状态栏处出现提示“请选择第一点”。在三维模型视图区中鼠标单击第一目标点，状态栏提示“调整第一点的方向和位置”，视图中出现定位夹，调整定位夹的 *Z* 轴方向，双击 *X-Z* 弧线，输入 180°，如图 7-12 所示，按〈Enter〉键，电线起始点方向确定完毕，如图 7-13 所示，双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认。

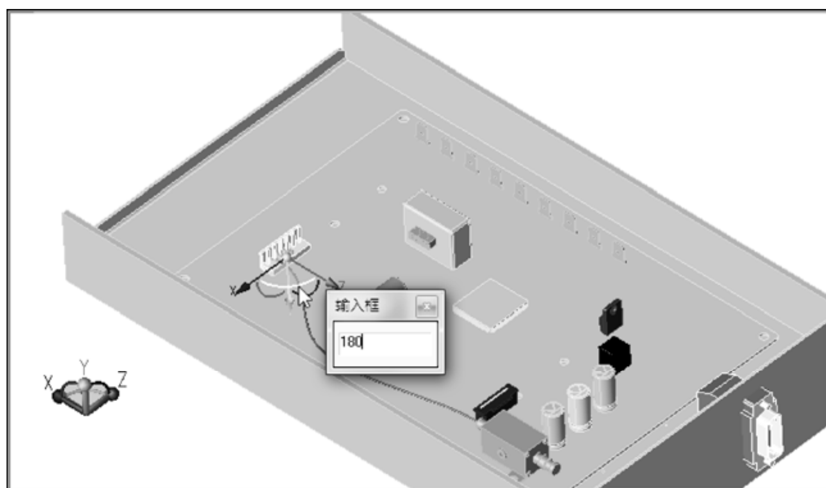



图 7-12　调整第一目标点出现定位夹

② 确定第二点。光标移动时从第一点到光标位置动态连一个浅色橡皮筋，鼠标单击第二目标点，浅色的橡皮筋消失，出现定位夹，状态栏提示“调整第二点的方向和位置”，调整定位夹的位置和方向至合适位置，如图 7-14 所示，双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认，即可生成一段曲线电线，如图 7-15 所示。

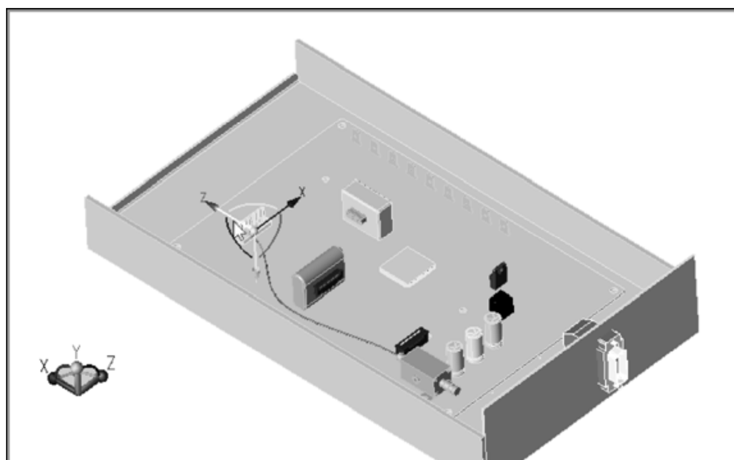



图 7-13　起点 Z 轴方向调整完毕

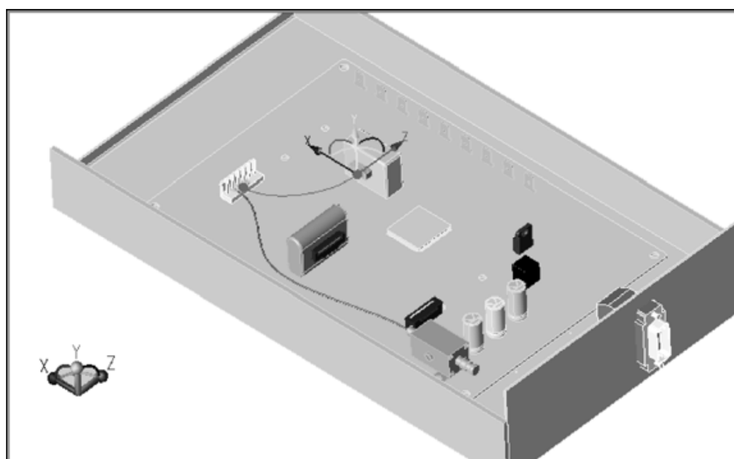



图 7-14　终点 Z 轴方向调整完毕

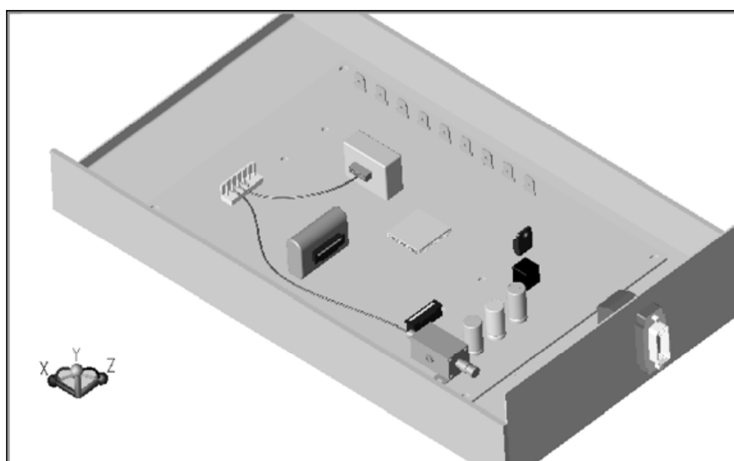



图 7-15　创建曲线电线

重复上述操作在产品上方两零件之间再连接一条电线，结果如图 7-16 所示。

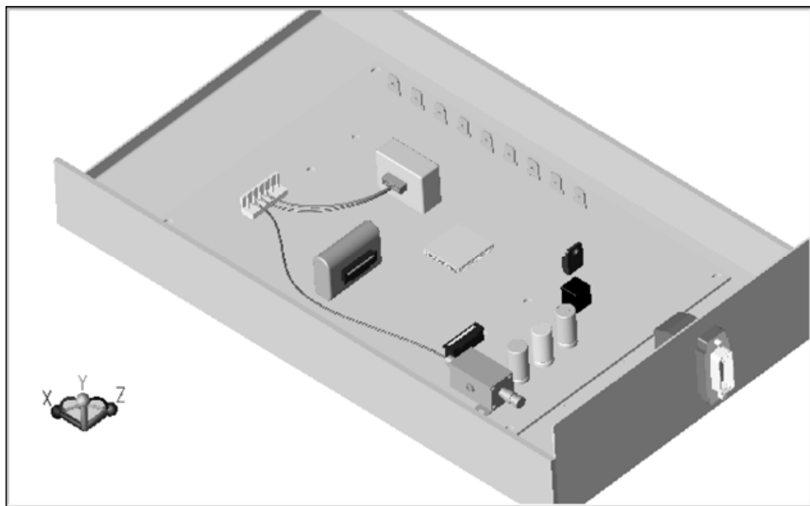



图 7-16 创建曲线电线

在电线创建完成后，在视图区域中选中电线，如图 7-17 所示，可以勾选修改零件颜色。

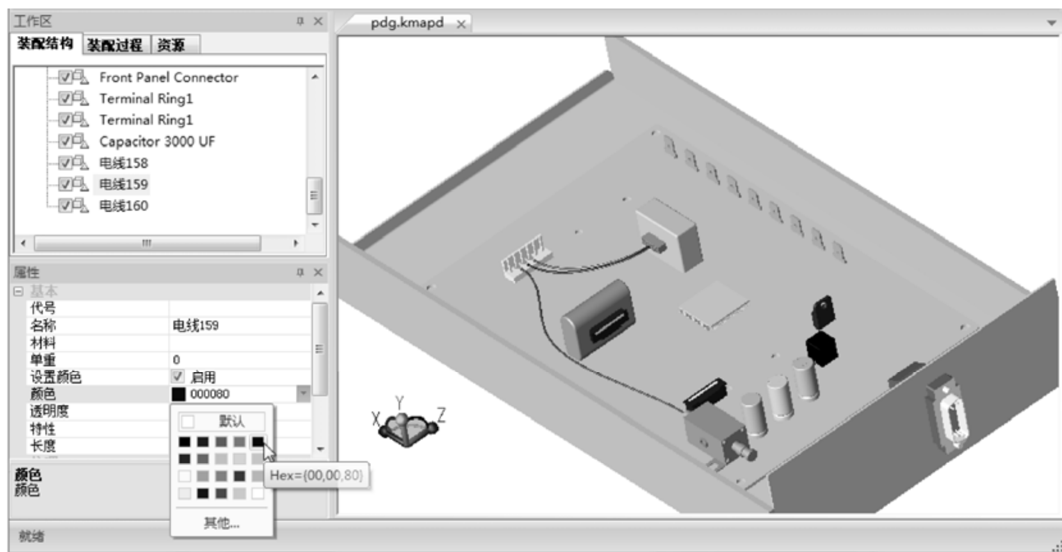



图 7-17 修改电线颜色

## 7.1.4 螺旋线

① 单击【操作】工具栏中【布线】/【电线】/【螺旋线】按钮，弹出【螺旋线参数】对话框，如图 7-18 所示。

② 单击【选择圆柱面】后的按钮[...]，在三维模型视图区中选择圆柱面，如图 7-19 所示，列表中显示“已选择 1 个圆柱面”。

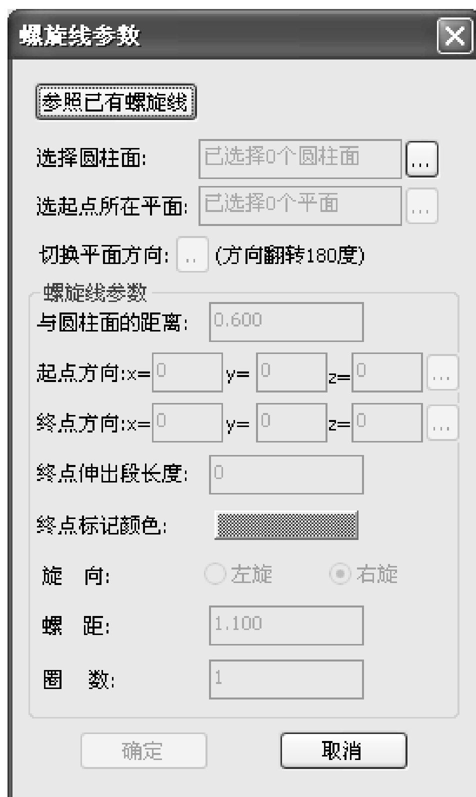



图 7-18　螺旋线参数

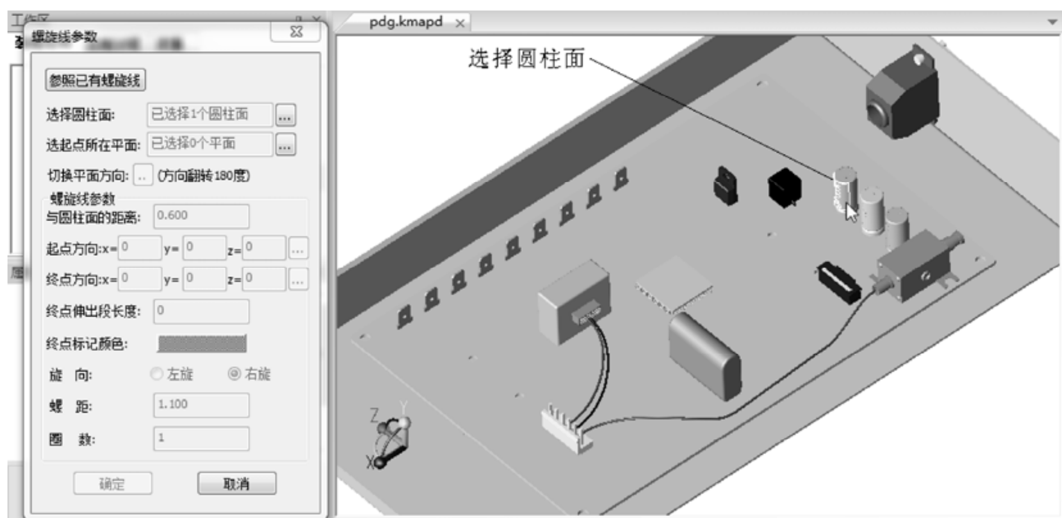



图 7-19　选择圆柱面

③ 单击【选起点所在平面】后的按钮…，在三维模型视图区选择创建螺旋线的起始面，在视图中选择一平面，如图 7-20 所示，平面的法向即为螺旋线的轴线方向，可通过单击【切换平面方向】后的按钮…改变方向，如图 7-21 所示。

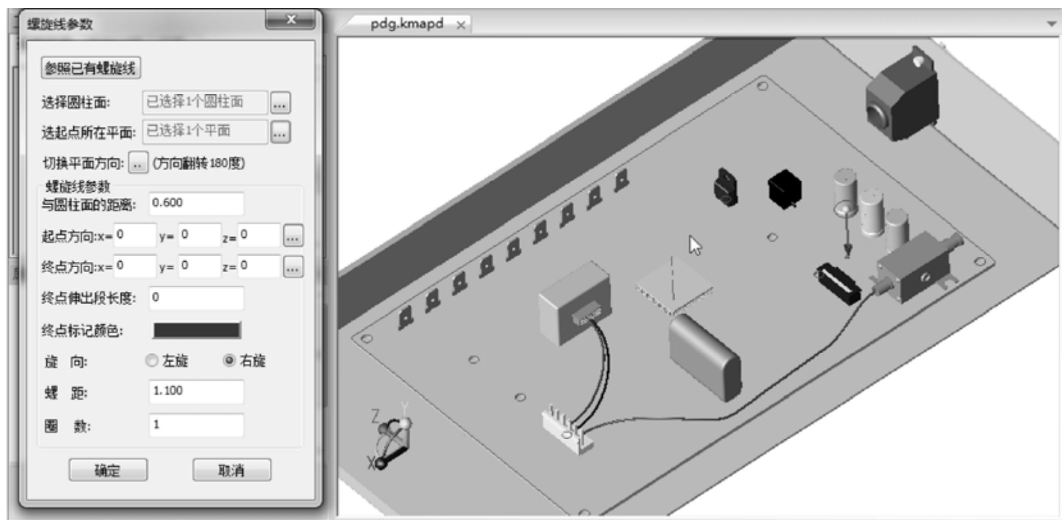



图 7-20 选择起点平面

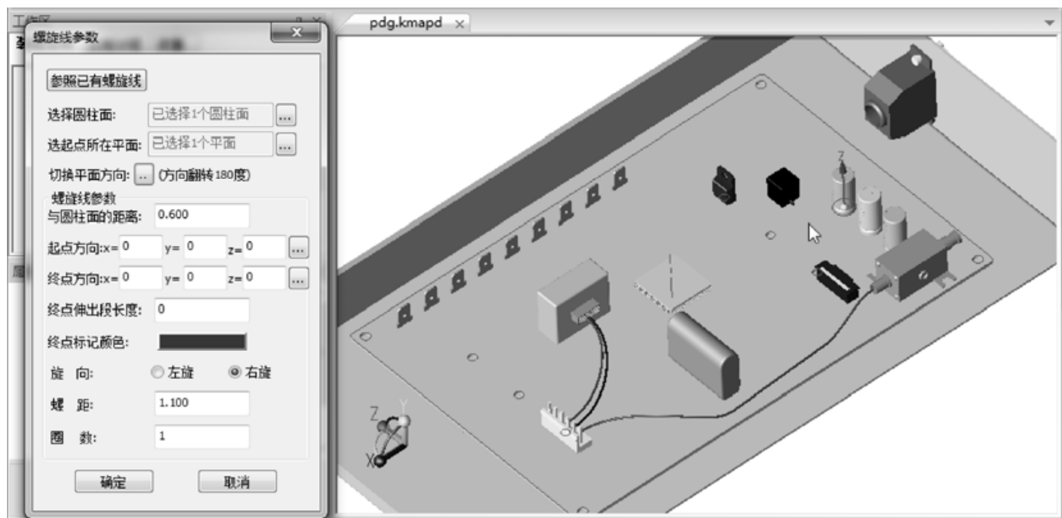



图 7-21 切换起点方向

④ 在螺旋线参数下，通过输入“与圆柱面的距离”的参数来控制创建的螺旋线与所选圆柱面的距离。

- “起始方向”是指定螺旋线从某一点起始，也可不设置。单击【起点方向】右侧的按钮[...]后，在三维模型视图区中圆形电线上选择任意一点（见图 7-22），即设置了螺旋线“起始方向”。
- “终点方向”是指定螺旋线从某一点终止，也可不设置。单击【终点方向】右侧的按钮[...]后，在三维模型视图区中圆形电线上选择任意一点（见图 7-23），即设置了螺旋线“终止方向”。

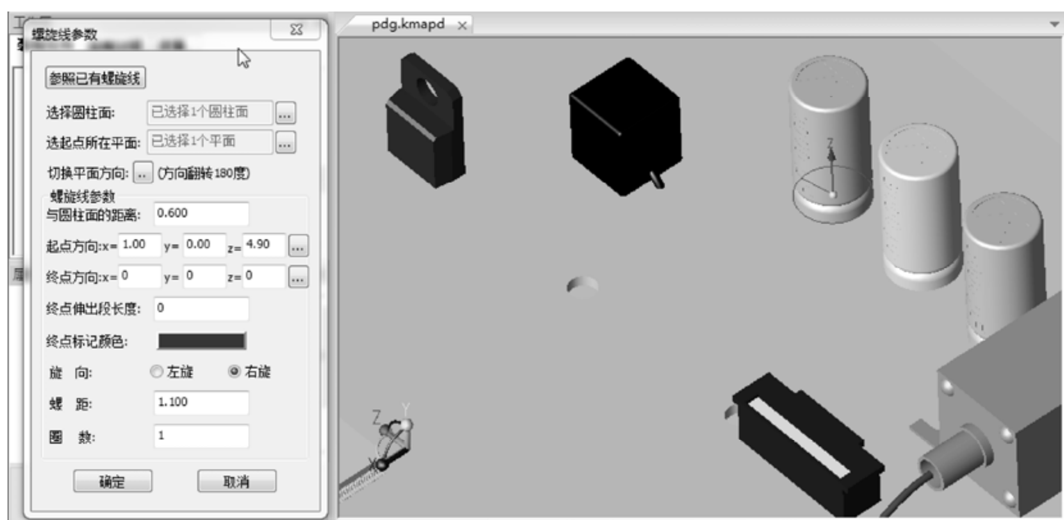



图 7-22　绕线起点

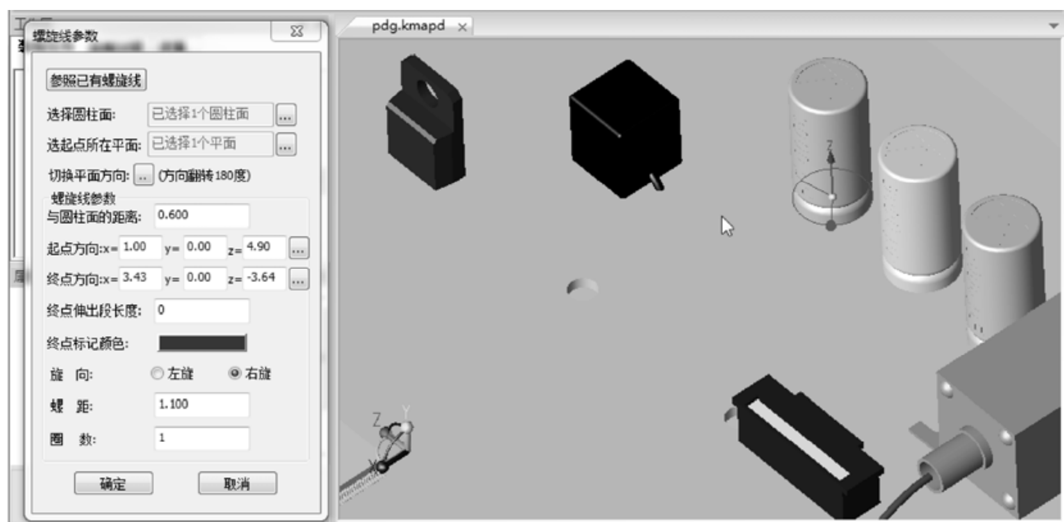



图 7-23　绕线终点

- “终点标记颜色”：终点方向控制点的颜色，单击【颜色框】按钮可以选择颜色，单击【确定】按钮即可。
- “旋向”：分为“左旋”和“右旋”。
- “螺距”：设置螺旋线的螺距。
- “圈数”：设置螺旋线的圈数。

⑤ 以上参数设置完成后，单击【确定】按钮，根据设定的参数创建的螺旋线，如图 7-24 所示。

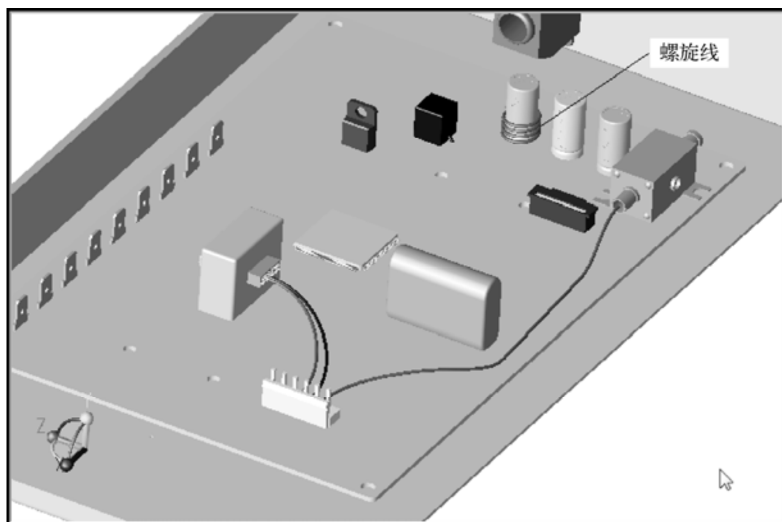



图 7-24　螺旋线

## 7.1.5　创建套管

在电线的指定处添加套管。

① 单击【操作】工具栏中【布线】/【套管】按钮，然后在电线上任意单击一点，弹出【线缆套管参数】对话框，如图 7-25 所示。

- 指定点添加：按照选择的指定点添加套管。
- 最近端点添加：按照选中点离当前电线最近的端点处添加套管。
- 内直径：套管内壁的直径。
- 厚度：套管内壁到外表面的距离。
- 长度：套管的长度。
- 颜色：套管的颜色。

② 套管参数确定后，单击【确定】按钮后生成套管，结果如图 7-26 所示。




图 7-25　设置线缆参数



图 7-26　生成套管

### 7.1.6　删除控制点

① 在模型视图区选中要删除控制点的电线，然后单击【编辑布线】按钮，进入线缆编辑模式。定位夹出现在电线的起点上，可按键盘上〈N〉键进行控制点的切换，或直接选中控制点，如图 7–27 所示。

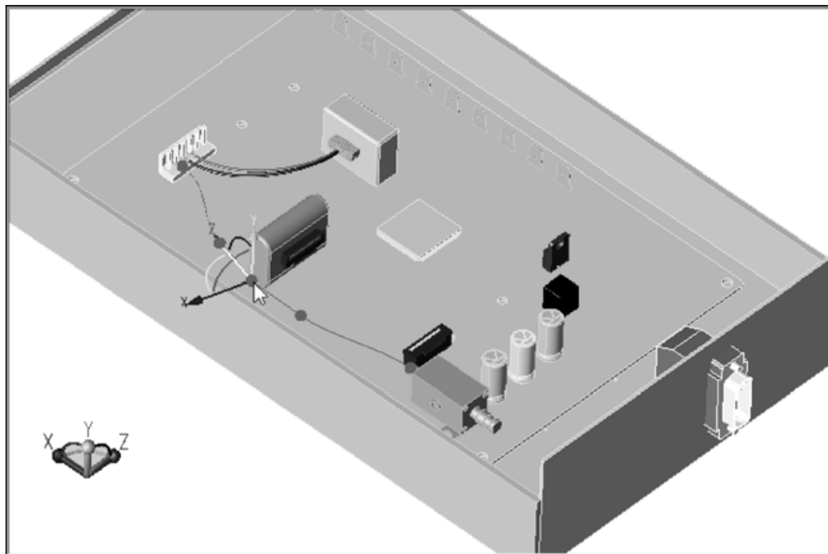


图 7–27　选择控制点

② 单击【删除控制点】按钮即可删除该控制点，如图 7–28 所示。

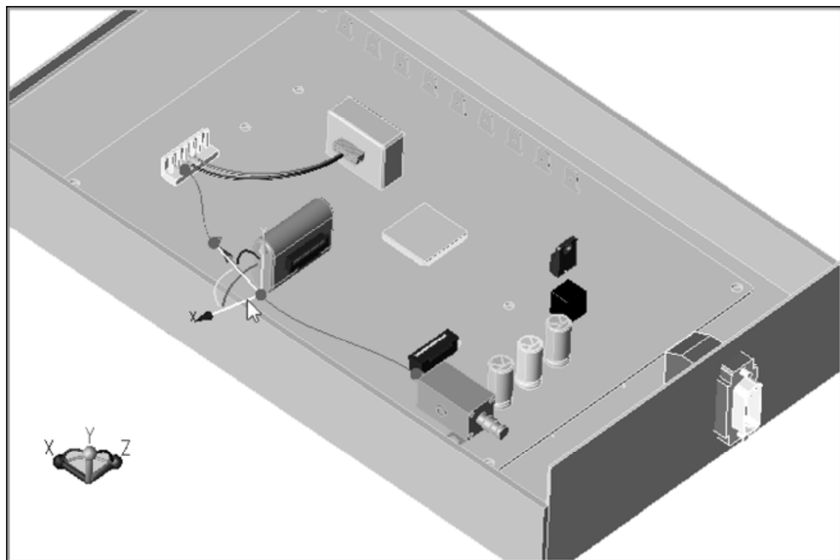


图 7–28　删除控制点

### 7.1.7 直线<->曲线

此功能可实现电线的直线、曲线变换。

① 在三维模型视图区中选中电线，单击【编辑布线】按钮，进入线缆编辑模式，如图 7-29 所示。

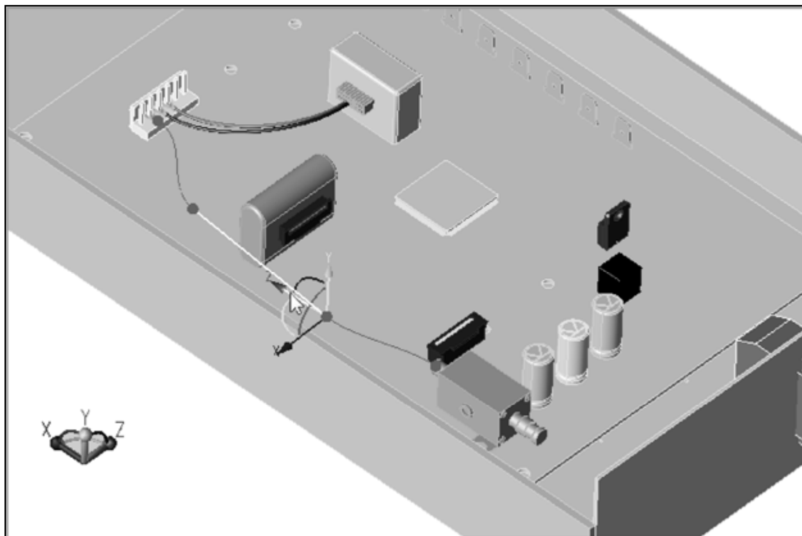



图 7-29 曲线变直线

② 通过键盘上的〈N〉键切换到需要变换直线、曲线的线段，单击【布线】工具条上的【直线<->曲线】按钮，即当前的曲线电线变成直线电线。

③ 曲线变直线完成后，在三维模型视图区中任意位置双击鼠标左键或者按〈Enter〉键确定变换，退出线缆编辑模式，如图 7-30 所示。

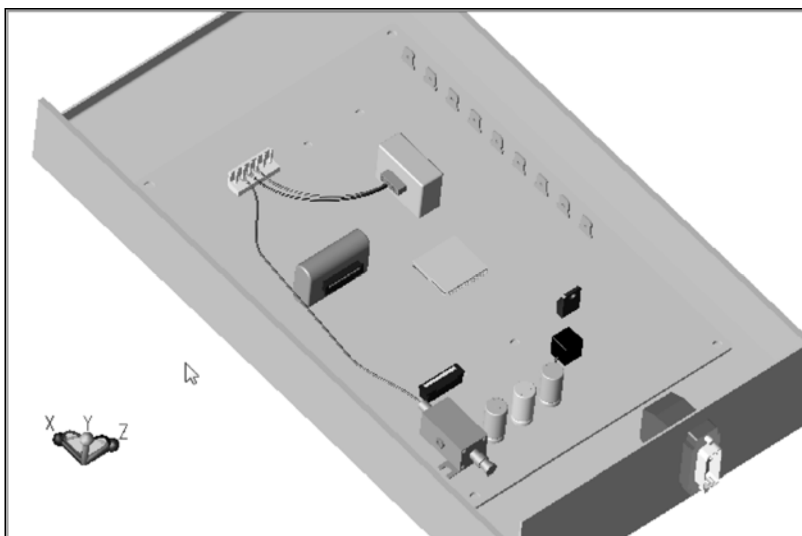



图 7-30 变换直线

### 7.1.8　目标对齐

将直线电线对齐到所选目标。

① 在三维模型视图区中选中电线，单击【编辑布线】按钮进入线缆编辑模式，如图 7-31 所示。

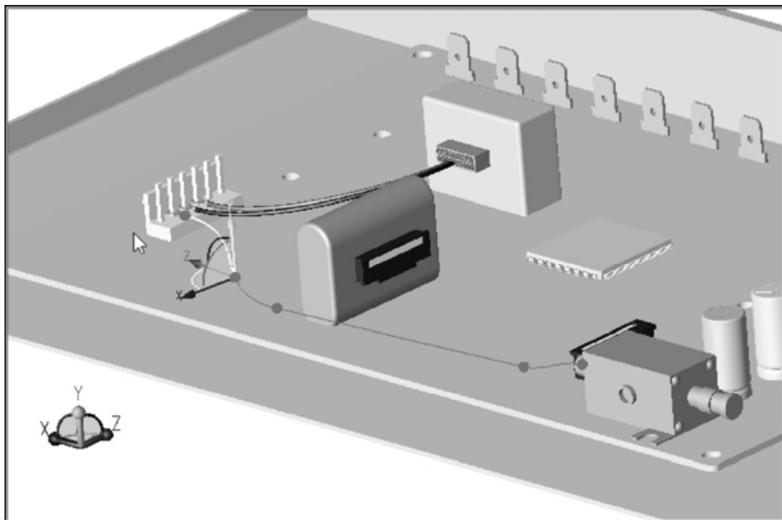


图 7-31　选择电线

② 目标对齐的线段必须是直线段，上图中白色高亮的一段电线不是直线，需要通过按键盘上的〈N〉键切换到电线的直线段，如图 7-32 所示。

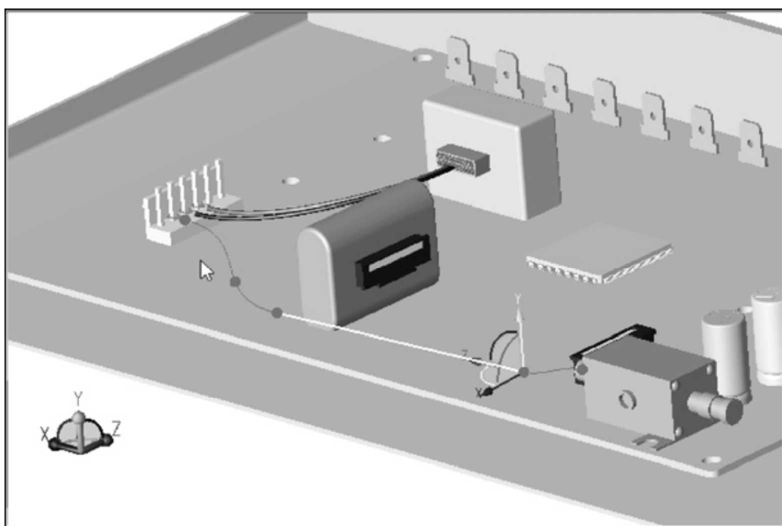


图 7-32　选择直线段

③ 单击【布线】工具条上的【目标对齐】按钮，选择线缆对齐目标，按〈Ctrl〉键可多选目标，按〈Enter〉键确定，电线与所选目标对齐。图 7-33 中所选目标是电路板的板面

（注意：选择目标前需要加载模型数据）。

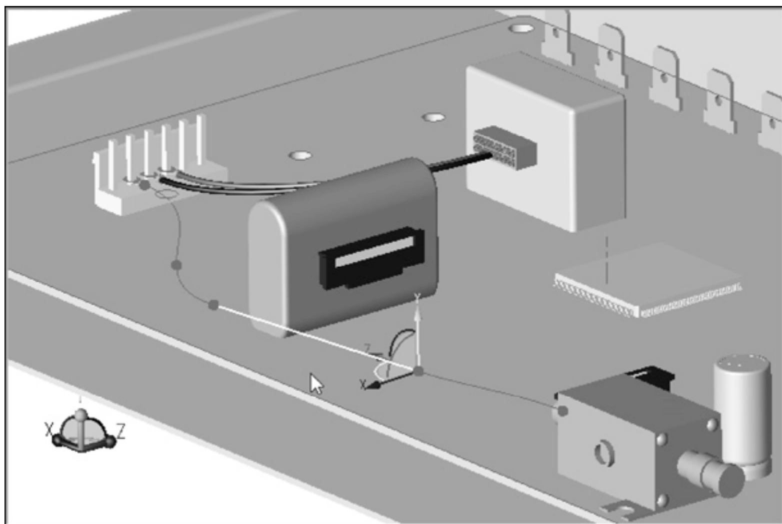


图 7-33　目标对齐

④ 对齐完成后，在三维模型视图区中的任意位置双击鼠标或按〈Enter〉键，退出线缆编辑模式，电线直线段紧贴电路板板面，如图 7-34 所示。

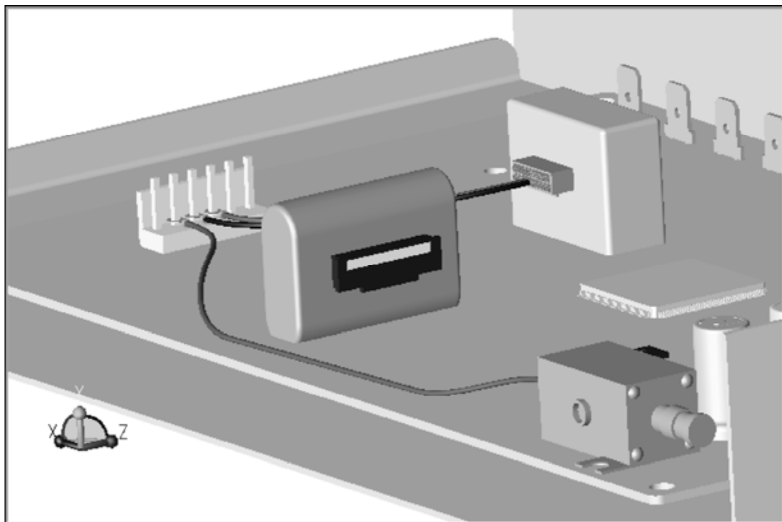


图 7-34　对齐效果

## 7.2　电缆设计

### 7.2.1　直线电缆

创建电缆的方法与创建电线的方法一致。

① 单击【操作】工具栏中【布线】/【电线】/【直线电缆】按钮，在操作界面的左下角状态栏处出现提示“请选择第一点”。在三维模型视图区中鼠标选中第一目标点，状态栏提示“调整第一点的方向和位置”，视图中出现定位夹，将定位夹移动到合适位置并调整 $Z$ 轴方向，双击鼠标完成第一点位置的确定，如图 7-35 所示。

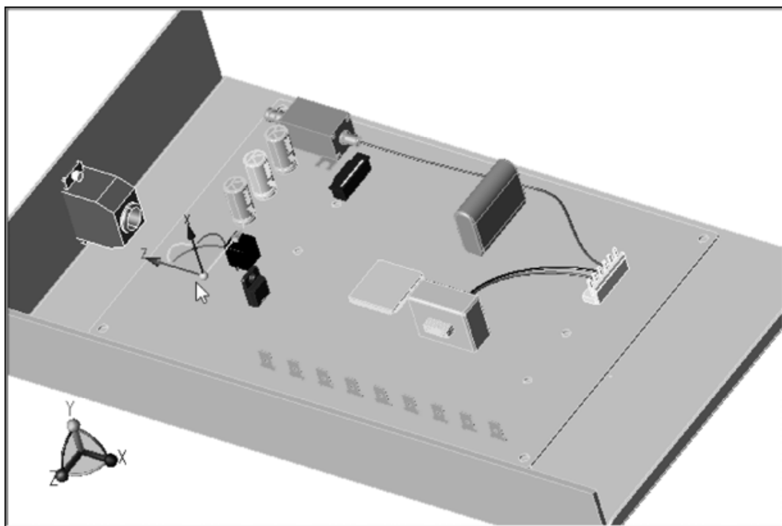


图 7-35　电缆起始点

② 确定第二点。光标移动时从第一点到光标位置动态连一个浅色橡皮筋，鼠标单击第二目标点，浅色的橡皮筋消失，状态栏提示“调整第二点的方向和位置”，调整完成后即可生成一段电缆，如图 7-36 所示（默认创建的电缆为 3 芯圆柱电缆）。

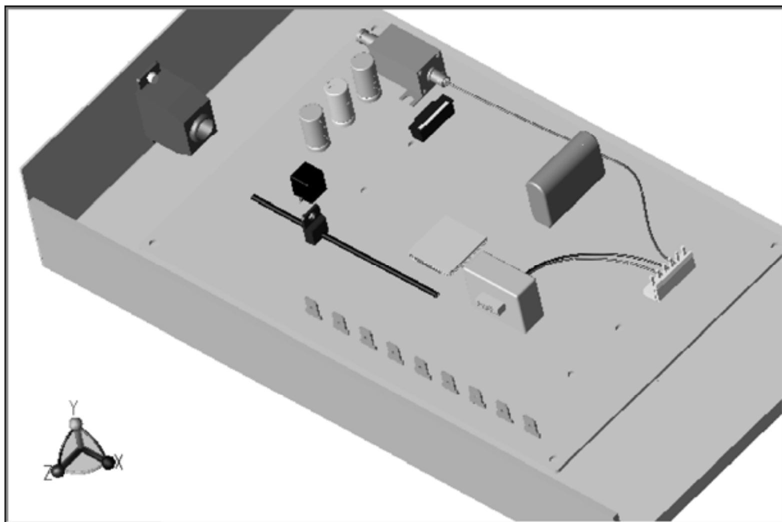


图 7-36　生成电缆

### 7.2.2 编辑电缆

电缆调整与电线调整方法相同。

① 在三维模型视图区中选中要编辑的电缆，单击【布线】工具条上的【编辑布线】按钮，进入电线编辑模式，如图 7-37 所示。

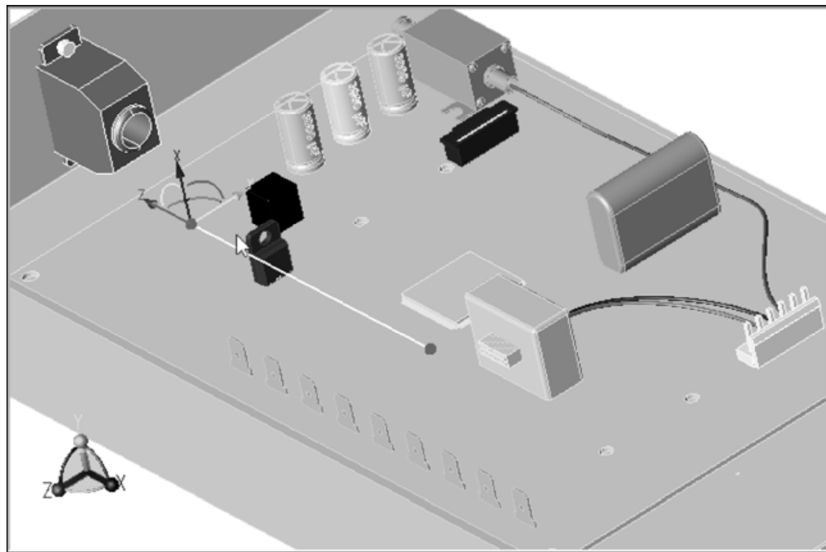


图 7-37 电缆调整

② 直接单击电缆，增加电缆控制点，如图 7-38 所示，增加 3 个控制点。

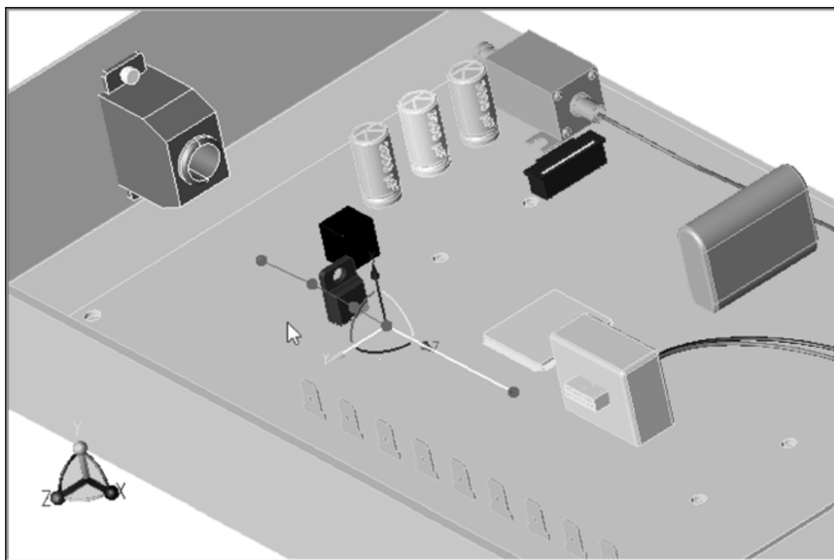


图 7-38 增加控制点

③ 通过移动控制点使电缆经过零件的孔径处，如图 7-39 所示。

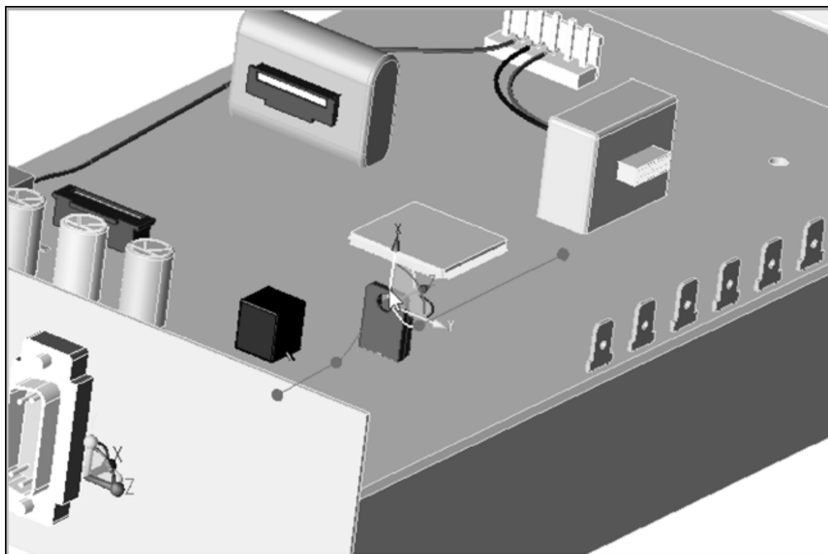


图 7-39　电缆经过孔径

④ 调整到合适位置后，双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认，即可生成一段电缆，如图 7-40 所示。

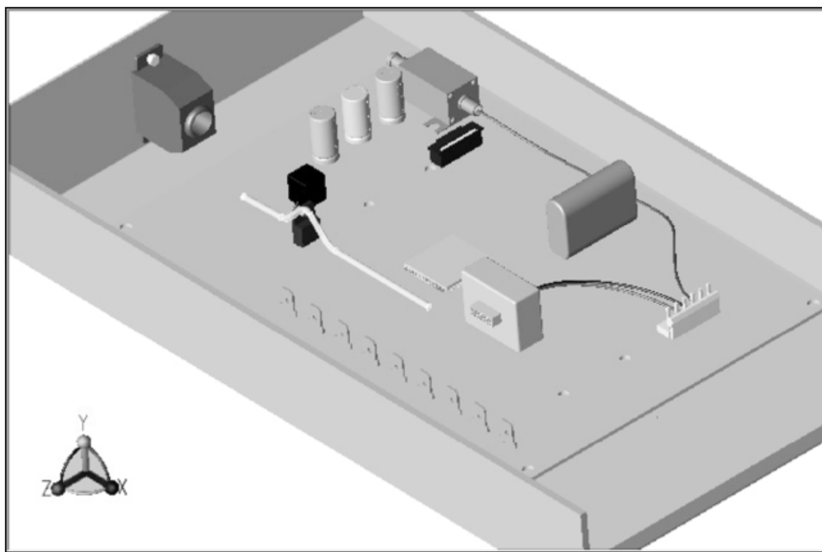


图 7-40　调整电缆

## 7.2.3　电缆伸出

① 在三维模型视图区中选中要编辑的电缆，单击【布线】工具条上的【伸出】按钮，系统在左下角状态栏处提示“选择电缆分线端点及分线位置”，将鼠标移动到电缆端分线处端点，如图 7-41 所示。

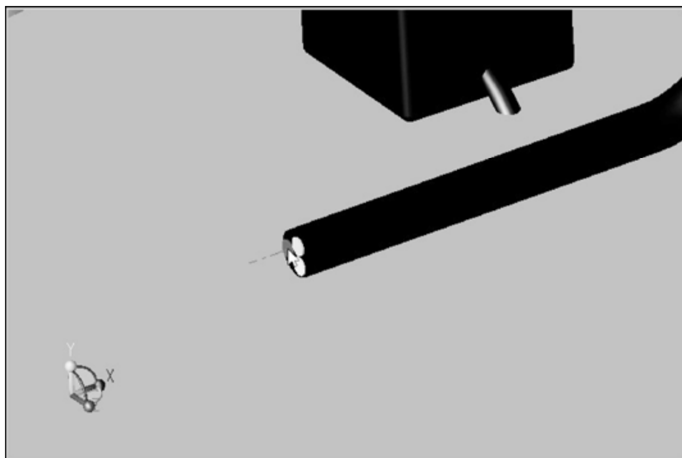


图 7-41　选择电缆伸出端

② 鼠标选中电缆分线处端点，移动鼠标时有虚线临时表示电缆伸出段电线，如图 7-42 所示。

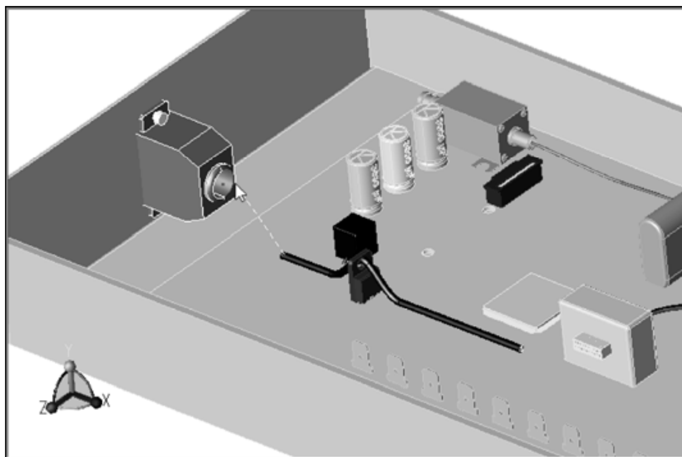


图 7-42　移动电缆伸出距离

③ 鼠标单击后出现定位夹，移动定位夹改变伸出段电线的终点位置，如图 7-43 所示。

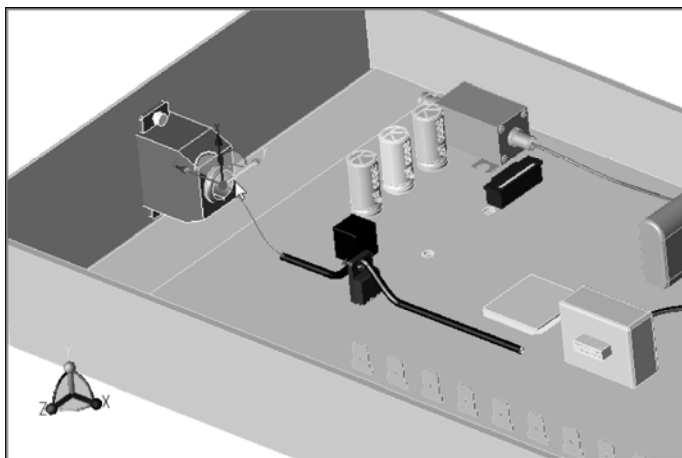


图 7-43　调整终点方向

④ 双击鼠标或者按〈Enter〉键完成创建，如图 7-44 所示。

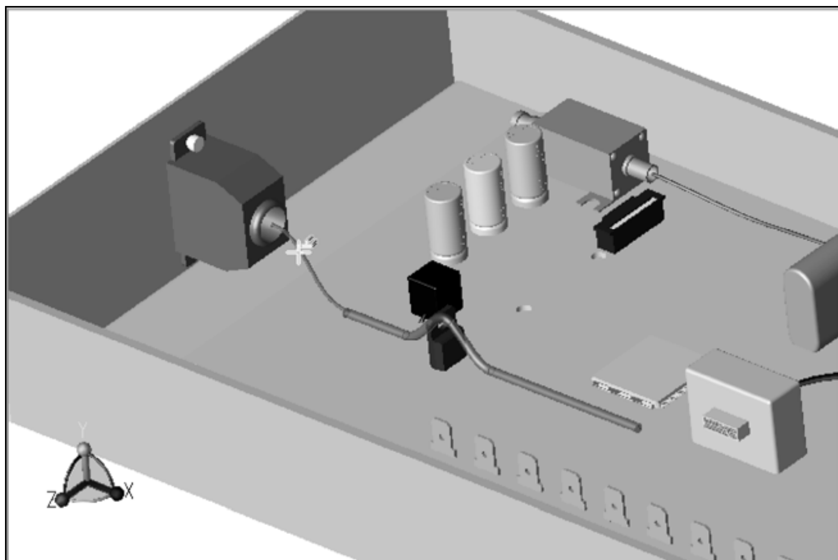


图 7-44　完成电缆伸出端创建

⑤ 重复上述操作将剩下电缆伸出段完成，如图 7-45 所示。

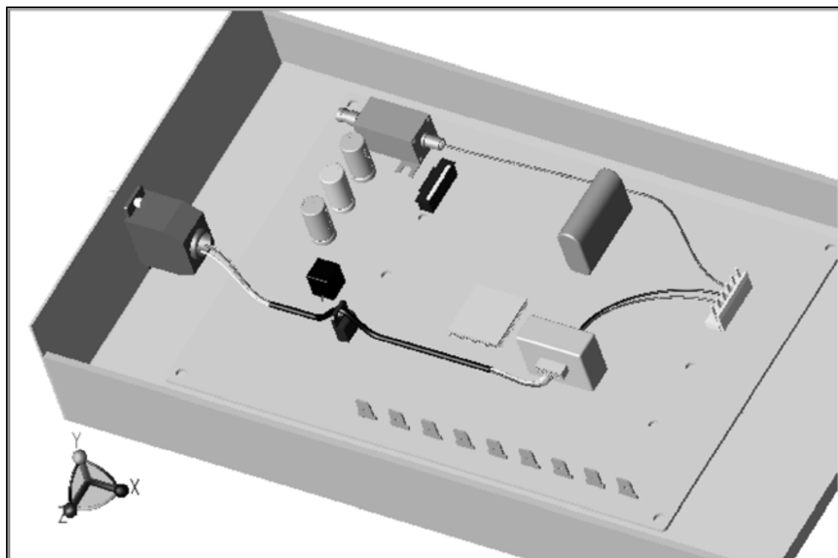
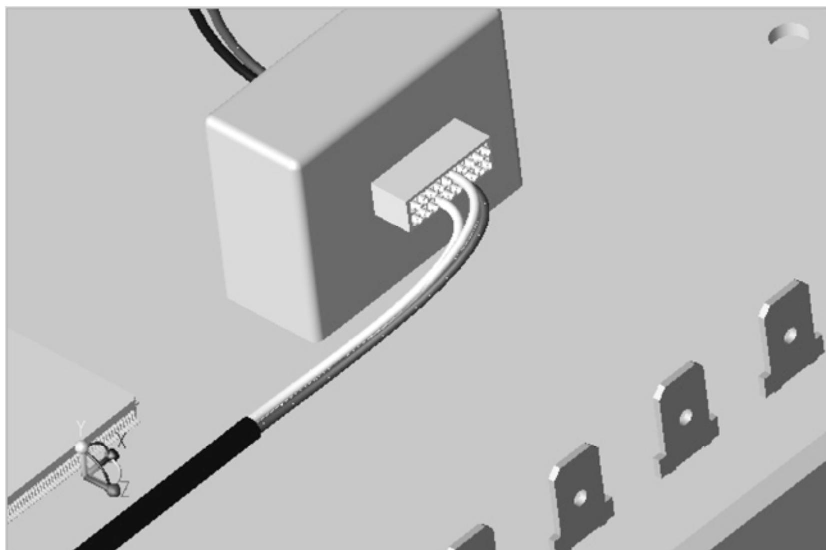


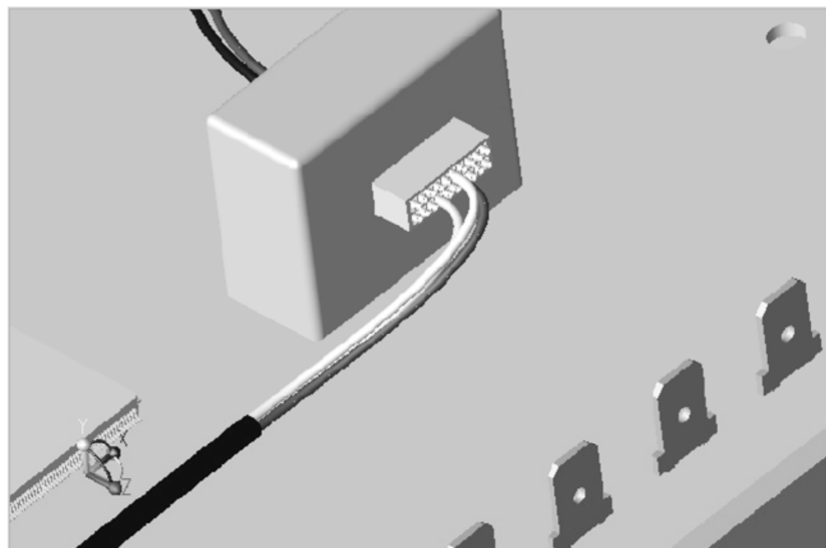
图 7-45　电缆伸出完成

## 7.2.4　更换同一端线号

① 单击【布线】工具条上的【更换同一端线号】按钮，在左下角状态栏处提示“请选择需要转换线号的同一条电缆上的两个延伸端”，单击电缆上的其中一根延伸段，如图 7-46 所示选择上面一根伸出端。


图 7-46　选择电缆伸出端电线

② 单击电缆上的另一根延伸段，如选择下面左边一根伸出端，更换线号完成，上面一根伸出端与下面左边一根伸出端交换了位置，如图 7-47 所示。


图 7-47　更换线号完成

## 7.2.5　更换线号

更换电缆整段线号是将电缆上的起始端与终止段上的伸出的电线一起更换。

单击【布线】工具条上的【更换线号】按钮，在左下角状态栏处提示“请选择需要更换线号的同一条电缆上的两个延伸端”。后续操作与“更换同一端线号”一致。

## 7.2.6　电缆->电线

电缆->电线是指将电缆转换成电线。

单击【布线】工具条上的【电缆->电线】按钮，在左下角状态栏处提示“选择需要转换为电缆的电线”。在三维模型视图区中选择电线后，该电线转换成电缆。

## 7.2.7　删除电缆伸出端

删除电缆伸出端是指将电缆伸出段全部删除，只留电缆主段。

单击【布线】工具条上的【删除伸出端】按钮，在左下角状态栏处提示“请选择需要删除延伸段的电缆”。单击三维模型视图区中的电缆，在弹出对话框中单击【确定】按钮完成删除电缆伸出端操作。

## 7.2.8　创建编辑排线

电缆的排列方式分为两种，圆周排列和平排分布，当电缆的排列模式设定为平铺分布时，创建的电缆为排线。

① 单击【操作】工具栏中的【开始】/【样式管理】按钮，界面右侧出现样式面板，如图 7-48 所示，在“样式类型”下拉菜单中选择“电缆”。

② 在电缆样式中选择“排列模式”为“平排分布”，在“电线根数”中输入 20，为排线组成的电线根数，如图 7-49 所示。

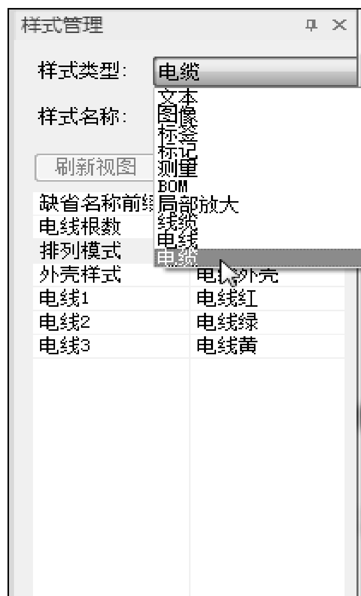



图 7-48　电缆样式




图 7-49　设置排列模式

③ 单击【操作】工具栏中【布线】/【电线】/【直线电缆】按钮，在操作界面的左下角状态栏处出现提示“请选择第一点”。

④ 在三维模型视图区中鼠标选择第一目标点，状态栏提示“调整第一点的方向和位置”，视图中出现定位夹，如图 7-50 所示，调整定位夹的位置和方向至指定位置，双击确定电线第一点。

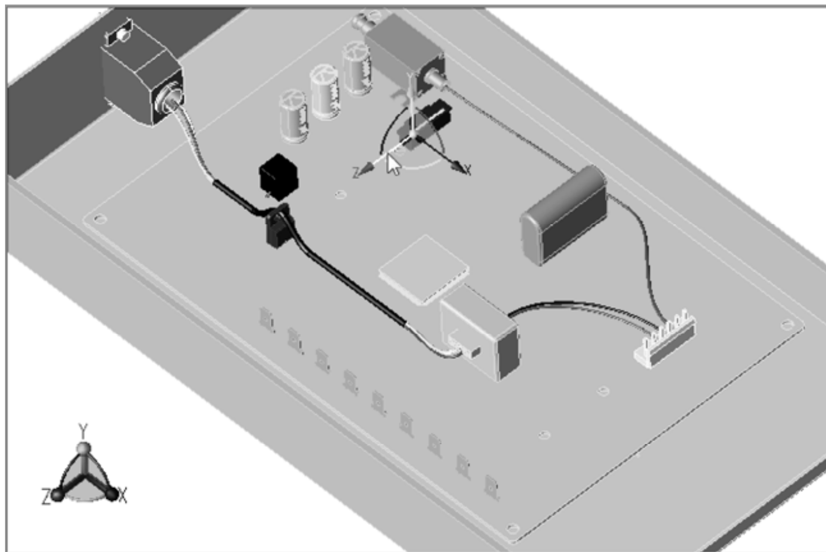



图 7-50　选择排线起点位置

⑤ 确定第二点。光标移动时从第一点到光标位置动态连一个浅色橡皮筋，鼠标单击第二目标点，浅色的橡皮筋消失，状态栏提示“调整第二点的方向和位置”，如图 7-51 所示。确定终点位置后双击鼠标完成，如图 7-52 所示。

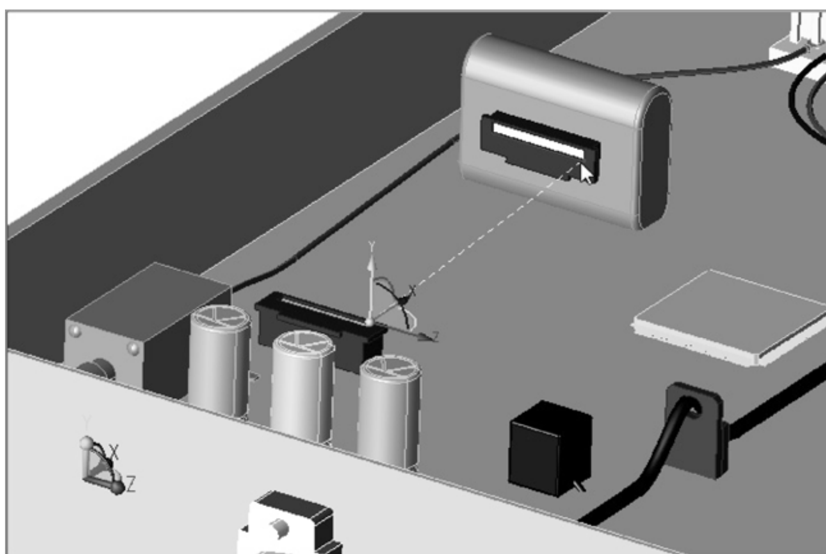



图 7-51　选择排线终点位置

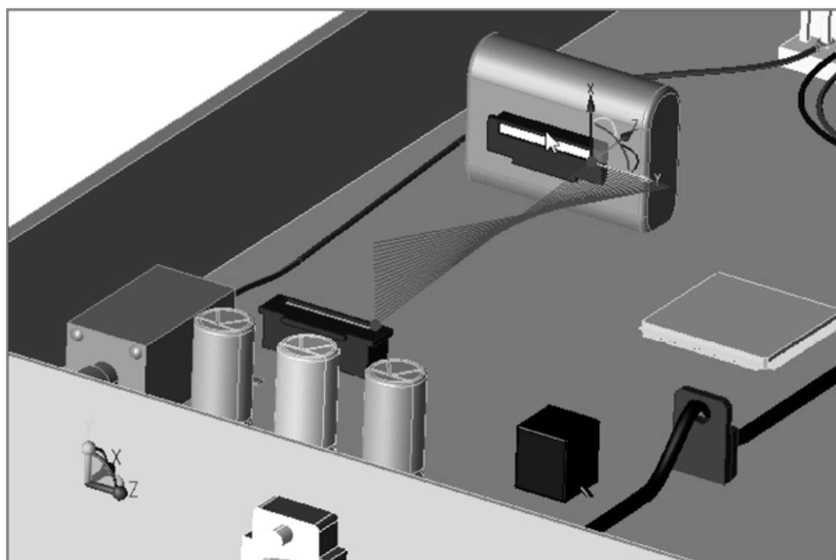


图 7–52　选择排线终点位置

⑥ 单击【布线】工具条中的【修改方向】按钮，出现调整排线排列放线圆圈，选中圆弧拖动，改变排线方向，如图 7–53 所示。按键盘〈N〉键调整到另一个排线端点，然后继续调整排列方向，如图 7–54 所示。

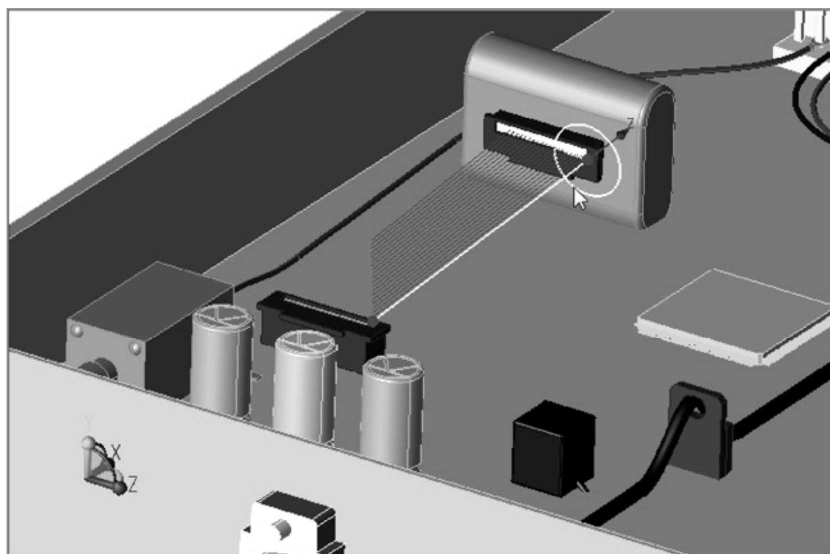


图 7–53　调整排线方向

⑦ 排线方向调整完成后，直接单击排线可增加控制点，如图 7–55 所示，将控制点移动至合适位置，如图 7–56 所示，排线一端竖直插入元器件上。

⑧ 调整完成后，双击鼠标左键或按〈Enter〉键确认，即可生成一段排线，如图 7–57 所示。若需要再次调整，选中排线后直接单击【编辑布线】按钮，进入编辑调整状态，调整方法如上述方法。

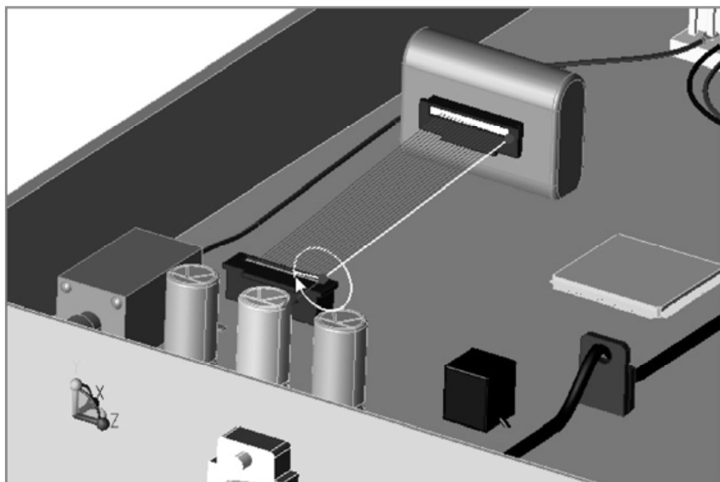


图 7-54　调整另一端排线方向

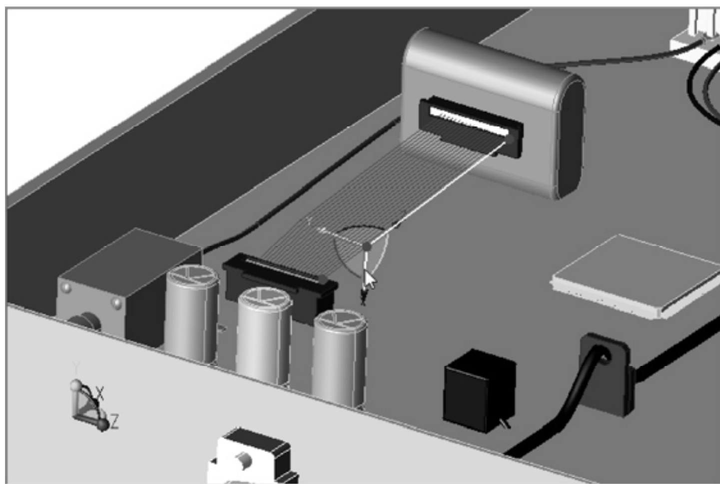


图 7-55　增加排线控制点

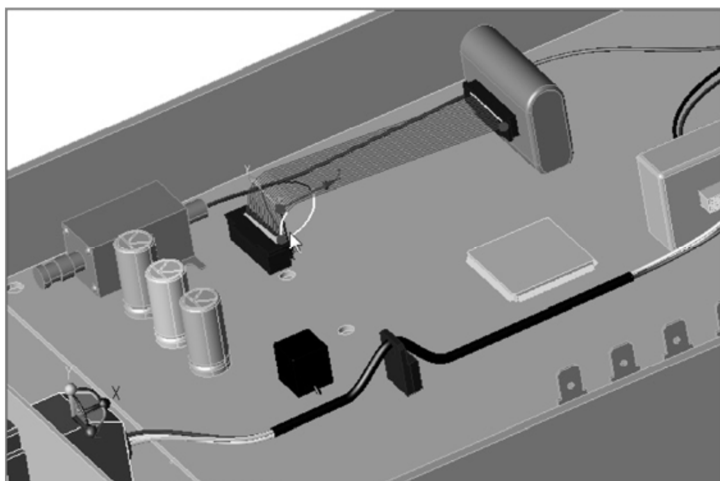


图 7-56　调整排线铺设

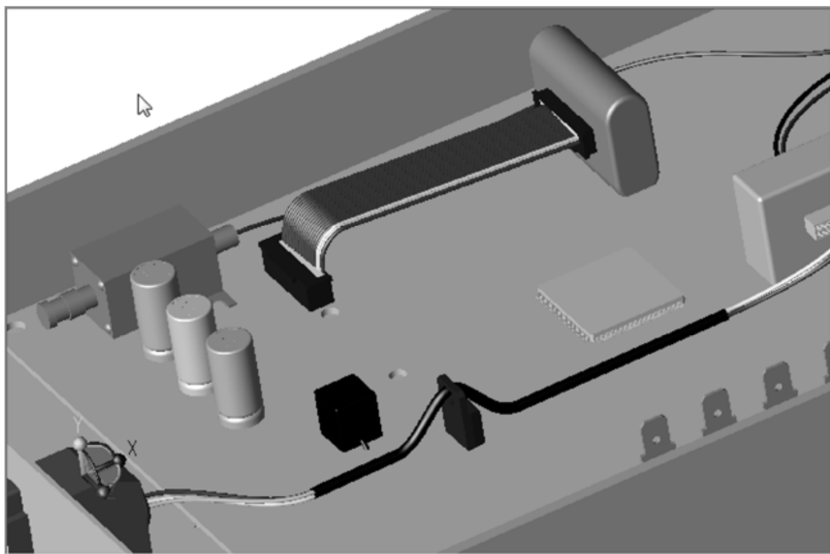


图 7-57　排线创建完成

## 7.3　放线活动

放线活动是模拟电线在敷设时的运动过程。在产品结构树下先创建电线、电缆，通过定义放线活动来完成仿真模拟。下面以螺旋线为例定义放线仿真过程。

① 在装配过程下创建步骤节点及分配零部件对象（线缆零件），如图 7-58 所示。

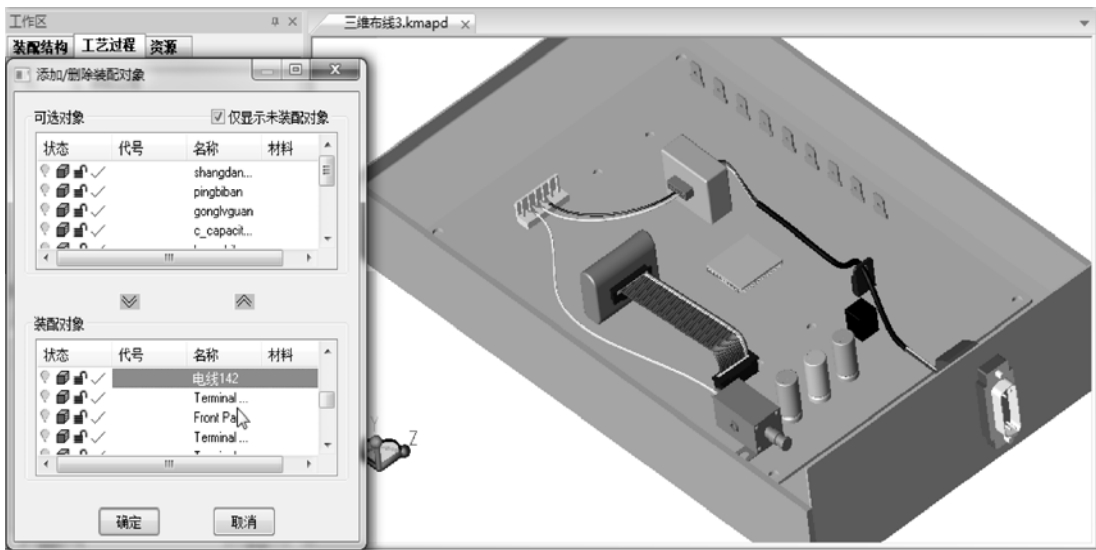



图 7-58　将电线添加到步骤中

② 选择步骤节点右键菜单中的【放线活动】命令，根据状态栏的提示在三维模型视图区中选中线缆模型，然后在线缆模型上单击确定放线仿真运动的起始位置，出现定位夹，如图 7-59 所示。

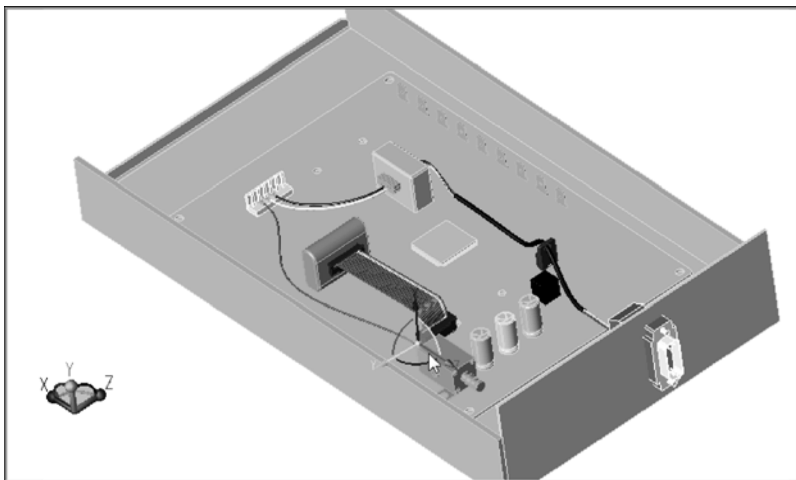


图 7-59　确定放线起始位置

③ 在三维视图区中双击鼠标，即完成放线活动创建，系统在步骤节点下创建放线活动节点。

④ 在装配过程树下选中放线活动节点，属性区中可修改名称、仿真播放时间、放线模式，如图 7-60 所示。

- 无限长度放线：线缆为无限长度，铺设时线缆起点不动，长度不断延伸。
- 有限长度放线：线缆为实际长度，铺设时线缆长度保持不变。
- 模拟铺设线缆：不显示铺设时线缆的起点，只显示不断铺设的线缆。




图 7-60　放线模式选择

电路板中电线、电缆定义完成后的文件参见“工艺文件\电路板.kmapd”。

# 第 8 章

# 大装配性能优化

性能问题一直是三维显示的重要问题，当零部件数比较多、零部件结构复杂时尤其如此，对三维装配这种需要动态显示路径的问题就更突出。解决这个问题除了转变为轻量化模型外，还可以选择性加入零部件的数据模型，即零部件模型自动/半自动加载；另一种方法是对大模型进行简化，如移除小零件、移除内部零件等，减少零部件以提高性能。

## 8.1　零部件模型自动/半自动加载

在 3DCAPP-A 系统中，为了提高大装配的性能，系统支持多种自动或半自动加载选择，典型的如仅加载本工序要装配的零部件，对前面工序装配完成的零部件不加载。还可以给出一个队列的长度，只加载有限个最近被操作过的零部件的模型，当加载零部件数量超过时，比较长时间没有操作的零部件将自动卸载，只留下用于显示的数据。“大装配优化”设置界面如图 8-1 所示。

### 8.1.1　零部件模型自动加载

当选择该项时，通过进一步设置可以实现只加载当前步骤的装配对象，而且可以剔除装配对象中的合件，还可以进一步设置只在需要拾取几何要素时加载模型数据。该选项被选中时，打开装配过程文件（初始）时将不会加载任何零部件模型；用户切换装配步骤时，系统将自动卸载已经加载的模型数据，根据规则自动加载当前步骤的模型数据。

### 8.1.2　零部件模型半自动加载

当选择该项时，系统开启了拾取模型集合要素功能，预选模型后按下〈Alt〉键，预选模型的模型数据将自动加载并进入缓存队列，缓存队列保留了最近加载的零部件模型数据，

在缓存模型队列大小中设置可以缓存队列的大小，系统默认的大小为 3。

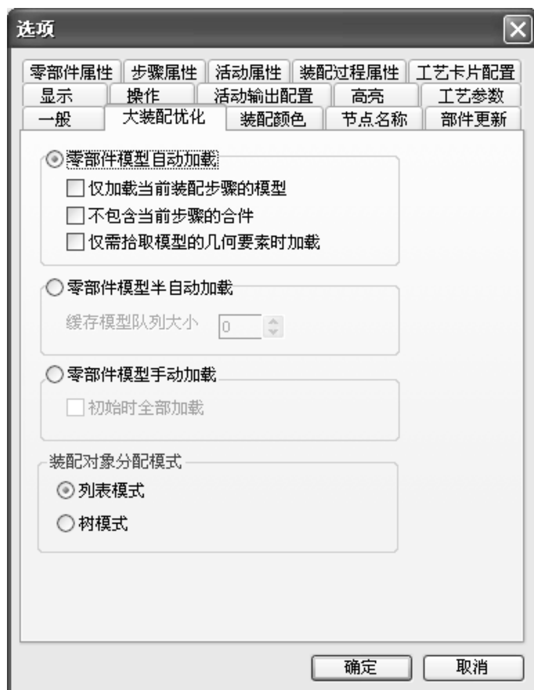



图 8-1 “大装配优化”设置界面

### 8.1.3 零部件模型手动加载

选择该项后，用户只能通过装配结构树右键菜单中的【加载/卸载模型数据】命令对指定对象的模型数据手工加载或卸载；用户可以选择打开装配过程文件时（初始时）是否加载所有的零部件模型.。

## 8.2 大模型简化

在大型模型中，还可以通过下面的方法大幅改善性能。

- 去除小零件，包括当前屏幕坐标系下最大长度小于 $n$ 个像素的零件或者小于模型体积 $N$ 分之一的小零件。
- 去除内部零件，包括平面及三维两种。平面是指当前视图下被完全遮挡的零件，三维是指在各个方向都看不到的内部零件。
- 去除当前视图之外的零件。
- 去除某工序至某工序的配套件。
- 根据名称或代号等属性去除满足属性的已安装零件（比如前面工序安装的紧固件（螺钉、螺母、垫圈等），已经安装的电子元件（如电阻）等。

下面以“螺旋桨”为例说明大模型简化的操作方法及简化效果。

在 3DCAPP-A 系统中打开“工艺文件\螺旋桨.kmapd”文件，在装配过程树下选中步骤节

点，单击【操作】工具栏中的【工艺过程】/【显示简化】按钮，在三维模型视图区右侧出现【显示简化】对话框，如图 8-2 所示，简化显示功能分别是“移除小零件”“移除内部零件”“移除当前视图之外的零部件”“去除已装工序的配套件”“指定去除已安装工序零部件”。

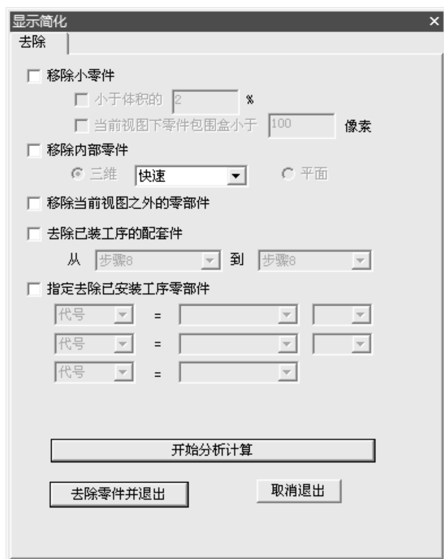



图 8-2　显示简化

## 8.2.1　移除小零件

① 选择“步骤 5”，单击【工艺过程】/【显示简化】按钮，弹出【显示简化】对话框，勾选“移除小零件”复选框，分别有两个选项，小于体积的百分比和当前视图下零件包围盒小于的像素。此处以勾选“当前视图下零件包围盒小于 100 像素”为例，如图 8-3 所示。

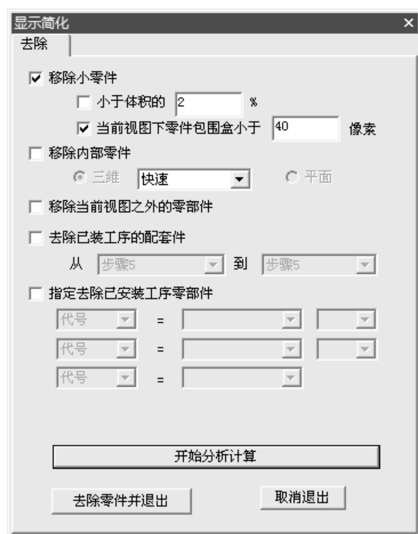



图 8-3　移去小零件

② 单击【开始分析计算】按钮，在三维模型视图区中符合条件的零件对象被高亮显示，若想更改结果，重新选择输入后，再次单击【开始分析计算】按钮即可。



图 8-4 计算结果高亮显示

③ 当确定移除高亮零件时，单击【去除零件并退出】按钮。去除小零件后的模型如图 8-5 所示。在定义拆卸活动过程中和仿真播放时，去除的小零件不会显示，以提高性能。



图 8-5 移除小零件后的模型

### 8.2.2 移除内部零件

① 选择“步骤 6”，单击【工艺过程】/【显示简化】按钮，弹出【显示简化】对话框，勾选“移除内部零件”复选框，分别有两个条件筛选：“三维”“平面”，“三维”是指当箱体

内部零件从三维视角看不到时移除该零件，“平面”是指以平面视角看不到该零件时移除零件。若选择“三维”，又可将其按“快速”“一般”“最佳”3 个等级划分，按从低到高排序，“快速”指在计算时最快、但不精确，以此类推。

② 本样例中勾选的是：“三维”/“快速”，如图 8-6 所示。

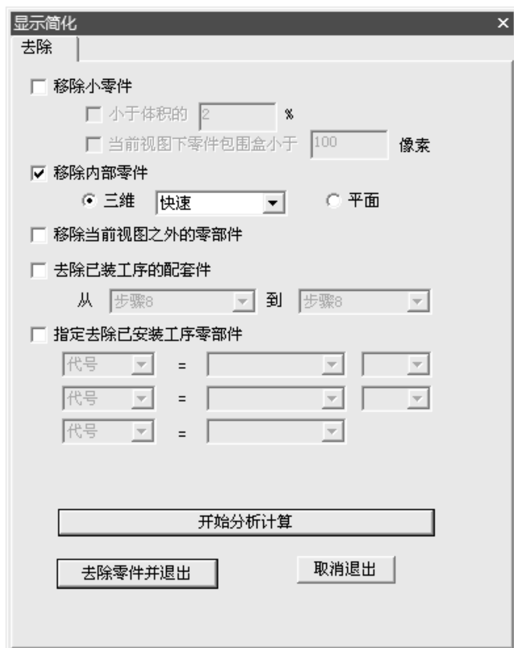



图 8-6　移除内部零件

③ 单击【开始分析计算】按钮，在三维模型视图区中符合条件的零件对象被高亮显示，如图 8-7 所示。若想更改结果，重新选择条件后，再次单击【开始分析计算】按钮即可。



图 8-7　计算结果高亮显示

④ 当确定移除高亮零件时，单击【去除零件并退出】按钮。

### 8.2.3 移除当前视图之外的零部件

① 选择“步骤 6”，单击【工艺过程】/【显示简化】按钮，弹出【显示简化】对话框，勾选【移除当前视图之外的零部件】复选框，则当零部件很大，超出三维模型视图区的部分则符合该移除条件。如图 8-8 所示为例，该零部件有部分超出三维模型视图区。

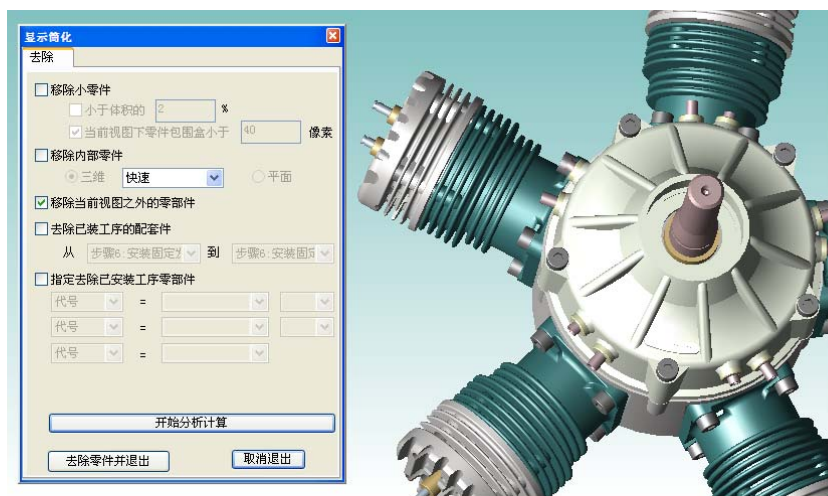



图 8-8　移除当前视图之外的零部件

② 单击【开始分析计算】按钮，在三维模型视图区中符合条件的零件对象被高亮显示，如图 8-9 所示。若想更改结果，重新选择条件后，再次单击【开始分析计算】按钮即可。

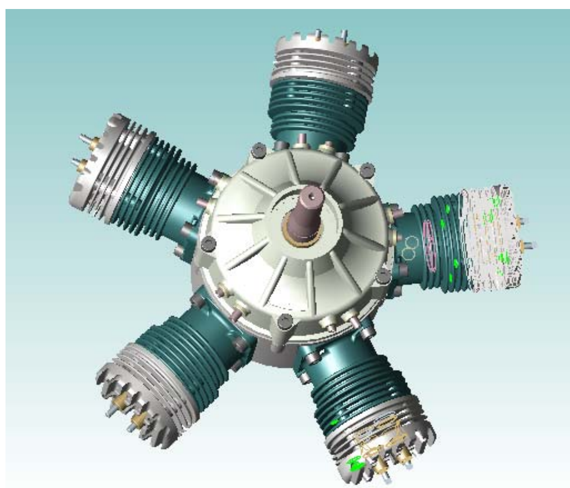


图 8-9　高亮显示计算结果

③ 当确定移除高亮零件时，单击【去除零件并退出】按钮。

## 8.2.4　去除已装工序的配套件

① 选择“步骤 9”，单击【工艺过程】/【显示简化】按钮，弹出【显示简化】对话框，勾选“去除已装工序的配套件”复选框，即在本步骤中去除前面步骤中已装入的配套件，这里去年“步骤 1”到“步骤 3”的配套件，如图 8-10 所示。

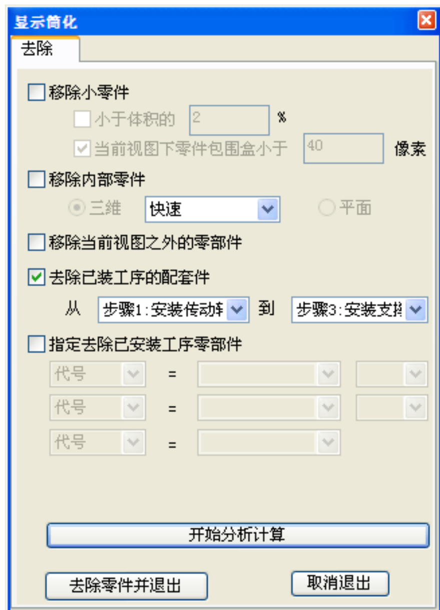



图 8-10　去除已装工序的配套件

② 单击【开始分析计算】按钮，在三维模型视图区中符合条件的零件对象被高亮显示，如图 8-11 所示。若想更改结果，重新选择条件后，再次单击【开始分析计算】按钮即可。

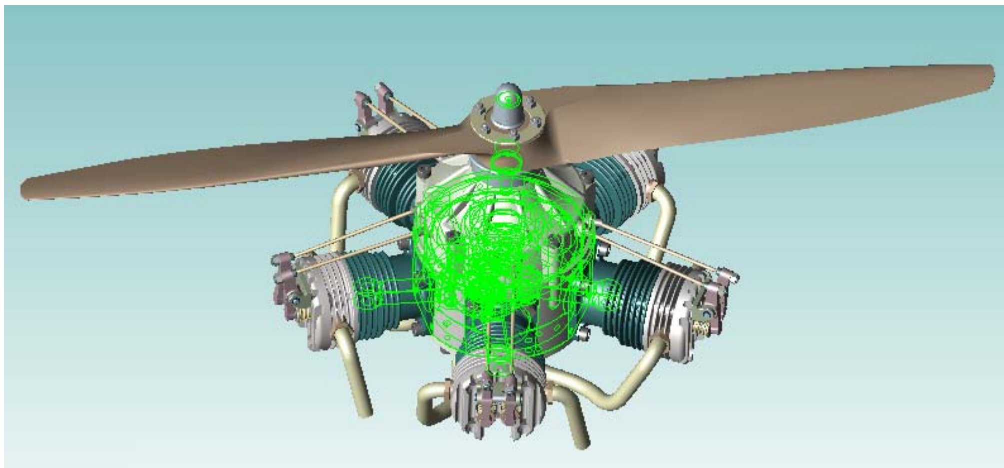


图 8-11　高亮显示计算结果

③ 当确定移除高亮零件时，单击【去除零件并退出】按钮。

## 8.2.5 指定去除已安装工序零部件

① 选择“步骤 2”，单击【工艺过程】/【显示简化】按钮，弹出【显示简化】对话框，勾选“指定去除已安装工序零部件”复选框，按零件的属性值（如代号、名称、材料等）多种组合筛选，如图 8-12 所示组合条件为零件“名称”=“kurbelwelle”或者“材料”=“45 号钢”的零部件。

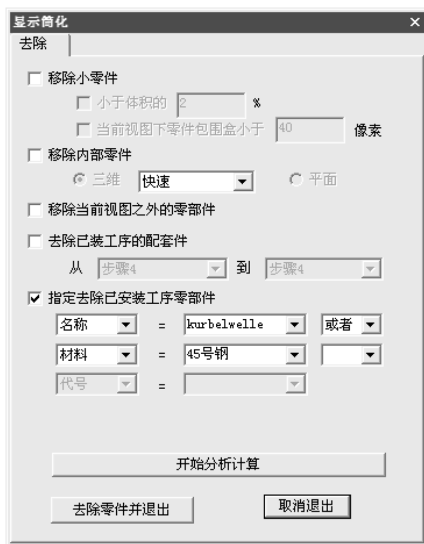



图 8-12 指定去除已安装工序零部件

② 单击【开始分析计算】按钮，在三维模型视图区中符合条件的零件对象被高亮显示，如图 8-13 所示，若想更改结果，重新选择条件后，再次单击【开始分析计算】按钮即可。

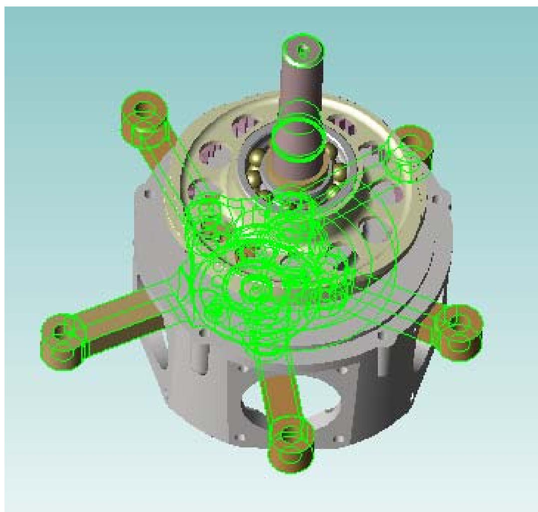


图 8-13 高亮显示计算结果

③ 当确定移除高亮零件时，单击【去除零件并退出】按钮。

# 第 9 章

# 集成应用简介

企业单独使用 3DCAPP-A 系统时会面临一系列问题：工艺数据分散在工艺人员的机器上，没有集中统一管理；不能利用 CAD 系统生成的产品设计数据，产品数据资源重用性差；将装配过程录制成视频文件发放到车间，装配人员只能看到动画效果，无法看到具体操作要求等。

基于开目 PDM 系统的三维装配工艺设计系统能够解决上述问题，它具有以下几项功能：在开目 PDM 系统中基于产品的 BOM 和设计资源进行了装配工艺设计，与产品设计数据紧密集成；基于三维轻量化模型构建装配工艺设计仿真环境，对装配工艺过程进行分析、设计，实现了装配过程的装配顺序仿真、装配干涉检查、产品和制造资源仿真；工艺数据由开目 PDM 系统统一管理；工艺数据（工艺文件、视频文件、MBOM 报表、零组件配套表）发放到车间，指导现场操作人员，实现了可视化装配。

## 9.1 集成应用体系架构

基于开目 PDM 系统的三维装配工艺设计系统包括开目 PDM 系统、开目 3DCAPP-A 系统、三维 CAD 与 PDM 系统集成以及车间应用四大部分，其体系架构如图 9-1 所示，具体实施如下。

1）CAD 设计数据导入到 PDM 系统中，生成设计 BOM，PDM 系统可以获取零部件的三维模型文件以及零部件属性信息（如代号、名称等）。

2）在 PDM 系统中，根据装配的工艺性原则，调整设计 BOM 为工艺 BOM，经签审后进行装配工艺设计。

3）对产品模型进行轻量化，生成的轻量化文件保存在 PDM 系统中。

4）3DCAPP-A 系统从 PDM 系统中获取工艺 BOM、零部件属性信息、三维模型文件及轻量化文件，进行装配工艺设计，生成工艺文件。

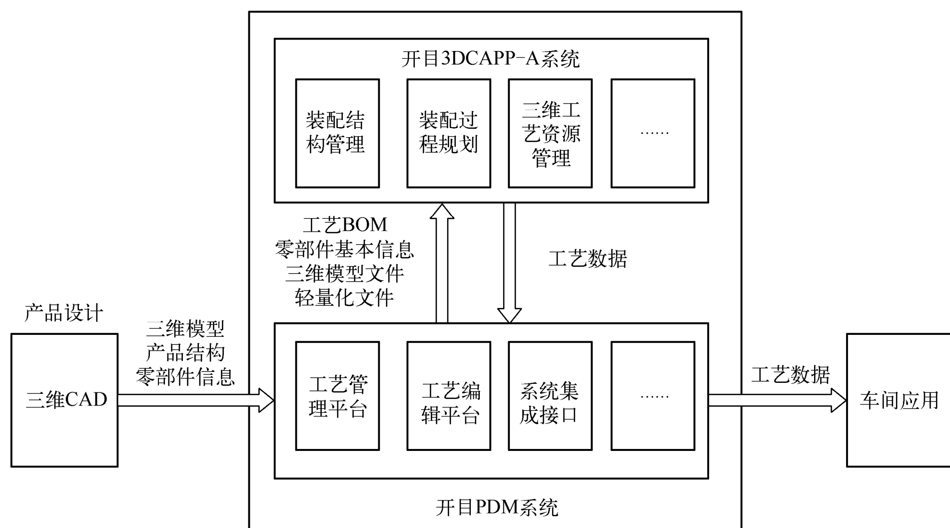



图 9-1　系统体系架构

5）在 PDM 系统中进行工艺文件的汇总和签审。审签后，工艺数据为发布状态，如果要修改需走变更流程。

6）完成的工艺数据发放到车间电子终端，以三维动画形式模拟装配过程，同时显示装入件明细、工装明细和工序内容，指导装配人员操作。

## 9.2　集成应用模式

### 9.2.1　产品模型导入到 PDM 系统中

开目 PDM 系统实现了与 6 种主流三维 CAD（Pro/E，UG，CATIA，SolidWorks，SolidEdge，Inventor）的集成，包括导入产品模型生成装配结构树、提取零部件属性信息、零部件的三维模型文件放在零部件对象的文卷中，可对模型文件进行浏览。

产品模型导入后生成的装配结构树如图 9-2 所示。

### 9.2.2　设计 BOM 调整为工艺 BOM

在 PDM 系统中，将设计 BOM 调整为满足装配工艺要求的工艺 BOM，添加虚拟件、焊合件等，调整完成后就可以创建装配工艺文件，进行装配工艺规划了。

### 9.2.3　创建三维装配工艺对象

工艺人员根据分派给自己的工艺设计任务，在工艺 BOM 树的产品或部件节点下创建三维装配工艺对象，系统自动产生三维装配工艺文卷（XML 文卷）。

### 9.2.4　对产品模型进行轻量化

在 PDM 系统中对产品模型进行轻量化操作，系统根据三维模型自动产生轻量化模型，

零部件的轻量化模型文件也放在零部件对象的文卷中。

图 9-2　产品模型导入后生成装配结构树

## 9.2.5　三维装配工艺设计过程

工艺人员编辑三维装配工艺文卷，自动进入 3DCAPP-A 系统，该系统从 PDM 系统中获取工艺 BOM、零部件属性信息、三维模型文件及轻量化文件，生成装配结构树，在可视化装配环境中进行装配过程定义，如图 9-3 所示。

图 9-3　装配结构树

### 9.2.6 三维装配工艺设计数据组织形式

装配工艺设计完成后，可以转变为工艺卡片上的内容，还可以通过开目工艺编辑平台进行一定的编辑，系统会为每道工序产生一张图片，自动插入工序卡的工艺简图区，以辅助工艺人员操作。因此，在 PDM 系统中，需要对这些数据形式进行统一的管理，把这些数据统一保留在装配工艺对象中，不同的数据形式以文卷的方式存放在对象中，由 PDM 系统负责它们的联系，如图 9-4 所示。这种数据组织形式为今后工艺数据发放到车间工位提供了条件。




图 9-4 PDM 系统对工艺数据的管理方式

### 9.2.7 三维装配工艺文件的签审

三维装配工艺文件的签审流程一般包括编制、审核、批准。工艺文件编制完成后，提交到审核步骤，审核人对装配工艺对象进行审核，在流程中签字确认。审核后提交到批准步骤，由批准人对装配工艺对象进行批准。

### 9.2.8 三维装配工艺文件的汇总

通过 PDM 系统的汇总功能，可以对多个工艺文件进行各种工艺数据的汇总，如工艺路线的汇总、装入件明细汇总、工装汇总等。

## 9.3 车间信息发布与应用

由于 PDM 系统中完整地记录了三维装配工艺数据，因此，在车间发布时，可以以图文一体化的形式把工艺数据展现在车间终端，包括浏览三维模型、二维图样，浏览工艺文件、

装配仿真等。

在车间终端应用模块，工艺数据展示界面如图 9–5 所示，上面为功能按钮，下面左边显示装配结构树，右边为浏览区域。当需要进行装配仿真浏览时，可浏览装配工艺文件中各工序对应的装配动画和工序相关信息（包括本道工序的装入件明细、工装明细和工序内容），在浏览过程中可对模型进行放大、缩小和旋转操作，装配人员可以从不同的角度查看安装过程。

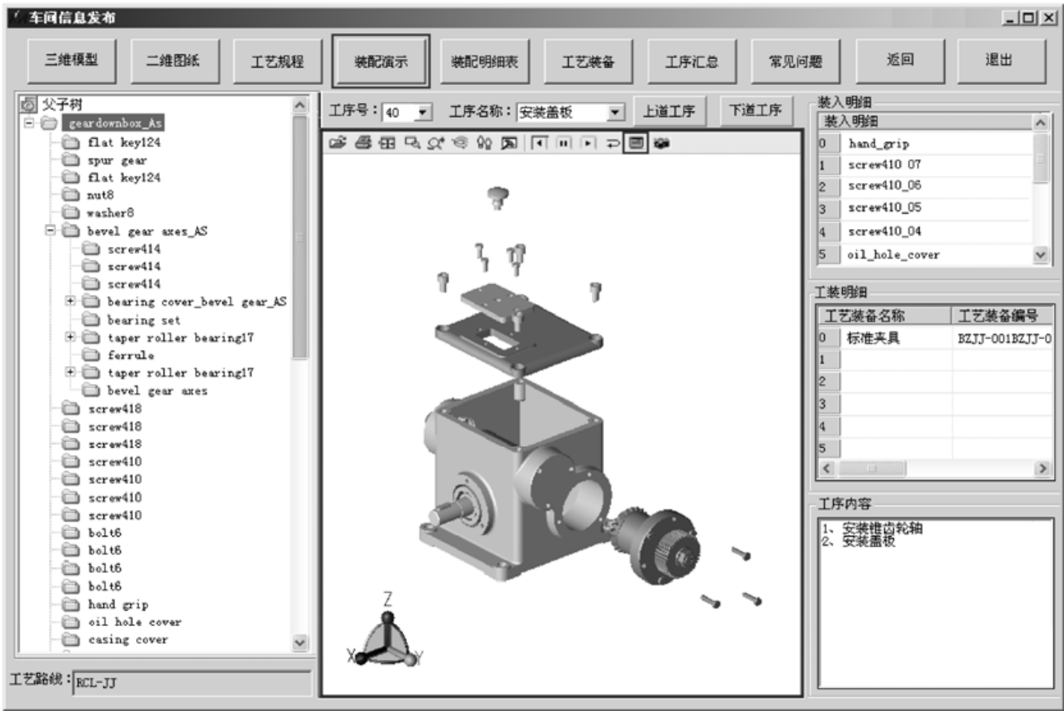



图 9–5　三维装配工艺浏览

基于开目 PDM 系统的三维装配工艺设计系统为企业数字化的各类应用环节提供了完整的设计、工艺、制造信息，对提升企业工艺创新能力、缩短产品研制周期、提高市场应变能力也起到了积极作用。



## 武汉开目信息技术有限责任公司简介

武汉开目信息技术有限责任公司（简称开目）成立于 1996 年，从研发中国第一个工程 CAD 软件开始，扎根制造业，历经 20 年，已成为中国知名的 PLM 产品和解决方案供应商、中国高端工业软件知名品牌。

开目长期致力于推进中国制造业信息化的建设，为企业提供覆盖产品设计、工艺规划、加工制造等业务过程的 eCOL、eNORM 一体化 PLM 解决方案，拥有开目 CAD/CAPP/3DCAPP/PDM/PLM/MES 等一系列软件产品。KMCAPP 是中国市场占有率名列前茅的 CAPP 产品；KM3DCAPP-A、KM3DCAPP-M 为国内首创的 3D 工艺软件；KMPDM 是中国新生代 PDM 系统的优秀代表；KMMES 作为真正懂工艺的制造执行管理系统，是中国离散制造业企业的必备软件。





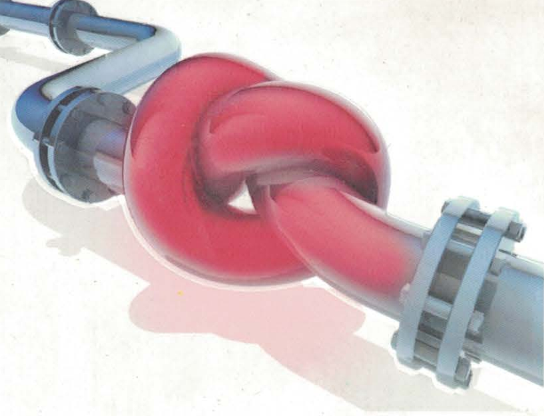
开目专注于航空航天、汽车、船舶、电子、工程机械等离散制造行业，以“持续应用、合作共赢”为宗旨，为离散制造业企业提供专业的技术创新平台和专业的技术创新工具，通过企业的持续应用，取得了明显的成效。在航空航天、兵器、船舶等国防军工领域，拥有航天科工集团、中国航空工业集团、中国兵器工业集团、中国船舶工业集团等高端用户；在汽车制造领域，拥有长安汽车、沈阳金杯、柳州五菱、陕西重汽、重庆力帆、长城汽车、北汽福田、济南重卡等众多标杆用户；在工程机械领域，三一集团、徐工集团、常林股份、柳工集团、厦工集团等该领域中国十强领军企业中，超过半数选择了开目作为战略合作伙伴；此外，中国电子科技集团、上海电气电站集团、南车集团、北车集团、中国一重、东风康明斯等大型集团和优秀的行业用户也与开目一直保持长期战略合作关系。

未来，开目将一如既往地专注于以 PLM 为核心的制造业信息化领域，持续帮助企业提升研发、制造和管理效率，实现与客户的多赢和共同发展；力争成为世界领先的数字化工艺与制造解决方案供应商，中国领先的 PLM 产品与解决方案供应商，以及客户信赖的长期合作伙伴。

## 武汉开目信息技术有限责任公司产品线

| | | |
|---|---|---|
| 开目新一代 PLM 解决方案 | | |
| | 开目 eCOL | 面向大中型企业的平台化、一体化 PLM 解决方案 |
| | 开目 eNORM | 面向中小型企业的一体化 PLM 解决方案 |
| 需求与产品设计管理解决方案 | | |
| | 开目 PDM | 中国新生代 PDM 系统的优秀代表 |
| | 开目 CAD | 中国最符合工程师习惯的工程设计绘图软件 |
| | 开目 BOM | 专业的产品数据采集、统计汇总和数据分析软件 |
| | 开目编码系统 | 智能编码软件的佼佼者 |
| | 开目技术档案分发管理系统 | 与现代条码技术结合的精益档案管理解决方案 |
| | 开目 TS16949 辅助管理系统 | 面向汽车行业供货商质量体系的辅助管理解决方案 |
| 工艺规划与过程管理解决方案 | | |
| | 开目 CAPP | 中国市场占有率名列前茅的工艺设计管理软件 |
| | 开目 3DCAPP-A | 中国首创的三维可视化装配工艺规划软件 |
| | 开目 3DCAPP-M | 中国首创基于三维 CAD 模型的机加工艺规划软件 |
| | 开目参数化 CAPP | 基于知识推理的工艺设计平台 |
| | 开目工艺管理系统 | 协同工艺设计与管理一体化系统软件 |
| | 开目工时管理系统 | 中国首创基于 MODAPTS 法的工时管理解决方案 |
| | 开目工装管理系统 | 工装全生命周期管理解决方案 |
| | 开目企业资源管理器 | 图文一体的企业电子设计手册 |
| 制造过程管理解决方案 | | |
| | 开目 MES | 中国离散制造业企业必备的制造执行系统软件 |
| | 开目生产现场质量跟踪系统 | 贯穿产品生产周期的质量跟踪解决方案 |

**联系方式**
武汉开目信息技术有限责任公司
地址：武汉市东湖新技术开发区华中科技大学科技园（邮编：420223）
电话：027-67869886；传真：027-67869876
开目官方网站： www.kmsoft.com.cn　　开目云服务网站：www.kmyun.com.cn
技术支持热线：027-67869871/67869879　　Email: csc@kmsoft.com.cn



在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
官方博客：http://blog.sina.com.cn/cmpbookjsj
读者信箱：cmp_itbook@163.com





本书是国内第一本以3DCAPP为基础介绍三维装配工艺设计的教程。该书全面、详实地介绍了产品装配工艺规划、工艺验证以及工艺输出的完整装配工艺设计流程和操作方法，为制造企业进行装配工艺设计带来了新的思路和方法，是一本极具实用价值的好书。

——北京航空航天大学机械工程及自动化学院 博士生导师 乔立红教授

开目3DCAPP是一套专业的三维装配工艺设计软件，其焊接、涂胶、注油以及装配变形等工艺体现出系统设计者具有深厚的工艺规划底蕴。开目工艺，值得信赖！

——北京理工大学机械与车辆工程学院 博士生导师 卢继平教授

装配工艺设计过程3D动画“情景再现”、车间工人“照葫芦画瓢”、一秒钟读懂工艺、产品维修“所见即所得”…，开目3DCAPP的出现使这一切成为了可能，这为企业带来的不仅仅是工作效率、产品质量和服务质量的提升，更为中国制造业三维下厂、数字化工厂等工程的实施提供了有力的技术支撑。

——南京航空航天大学机电学院 博士生导师 唐敦兵教授

开目作为国内数字化工艺与制造的先行者，其首创的开目3DCAPP给工艺研究和应用领域带来了一股强烈的3D风。开目的特点是讲究工程应用、注重实践，相信本书对企业技术人员以及国内大中专院校的教师和学生来说，都是很好的参考学习教材。

——华中科技大学机械科学与工程学院 博士生导师 高亮教授

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 计算机/辅助设计

ISBN 978-7-111-46093-0

策划编辑◎张淑谦 / 封面设计◎



扫一扫加入微信公众平台
更多、更快获取最新图书资讯



ISBN 978-7-111-46093-0



定价：42.00元（含1DVD）